المكتبة الثقافية

٩٤

ثروتنا المعدنية

الدكتور محمد فهيم

وزارة
الثقافة والإرشاد القومي
المؤسسة
المصرية
العامة
للتأليف والترجمة
والطباعة والنشر

أول أكتوبر ١٩٦٣

المكتبة الثقافية

- أول مجموعة من نوعها تحقق اشتراكية الثقافة .
- تيسر لكل قارىء أن يقيم فى بيته مكتبة جامعة تحوى جميع ألوان المعرفة بأقلام أساتذة متخصصين وبقرشين لكل كتاب .
- تصدر مرتين كل شهر . فى أوله وفى منتصفه .

الكتاب القادم

تصويرنا الشعبي خلال العصور

للأستاذ سعد الخادم

١٥ أكتوبر ١٩٦٣

الثمن ٢ مـ

مطابع دار القلم بالقاهرة



الكتاب المسموع

تخصيص القناة | إدارة الفيديوهات

الصفحة الرئيسية | الفيديوهات | قوائم التشغيل | القنوات | مناقشة | لمحة

الفيديوهات المُحمّلة ▶ تشغيل الكل



معركة في الحصن القديم
مشاهدتان (2) • قبل 15 ساعة

ماري تقوم بأولى تجاربها
5 مشاهدات • قبل يوم واحد



غاندي يطرد الثعابين
5 مشاهدات • قبل 4 أيام

عباس العقاد هذه الوظيفة لا تليق بي
5 مشاهدات • قبل أسبوعين

قوائم التشغيل التي تم إنشاؤها



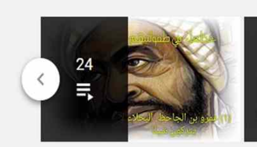

الشيخ زعرب وآخرون
تم التحديث اليوم
عرض قائمة التشغيل بالكامل



أعمال البرتومورافيا
تم التحديث بالأمس
عرض قائمة التشغيل بالكامل



سير ذاتية
تم التحديث بالأمس
عرض قائمة التشغيل بالكامل



كتاب عظماء في طفولتهم
تم التحديث بالأمس
عرض قائمة التشغيل بالكامل

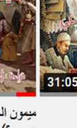
يا أمة ضحكت ▶ تشغيل الكل



يا أمة ضحكت - يوسف السباعي (كتاب مسموع)
الكتاب المسموع
494 مشاهدة • قبل 9 أشهر



نابغة الميضة - يوسف السباعي (كتاب مسموع)
الكتاب المسموع
121 مشاهدة • قبل 9 أشهر



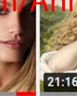

ميمون الجبل - يوسف السباعي (كتاب مسموع)
الكتاب المسموع
79 مشاهدة • قبل 9 أشهر

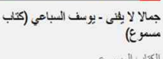
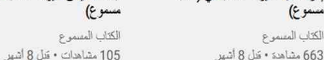


لو تعلمون - يوسف السباعي (كتاب مسموع)
الكتاب المسموع
105 مشاهدات • قبل 9 أشهر

هذا هو الحب ▶ تشغيل الكل

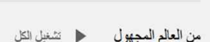




- إمرأة تافهة - يوسف السباعي (كتاب مسموع) — 22:06 — الكتاب المسموع — 663 مشاهدة • قبل 8 أشهر
- جمالا لا يفنى - يوسف السباعي (كتاب مسموع) — 21:16 — الكتاب المسموع — 105 مشاهدات • قبل 8 أشهر
- قصة شعر - يوسف السباعي (كتاب مسموع) — 15:01 — الكتاب المسموع — 46 مشاهدة • قبل 8 أشهر
- حديث مجنون - يوسف السباعي (كتاب مسموع) — 18:20 — الكتاب المسموع — 45 مشاهدة • قبل 8 أشهر

من العالم المجهول ▶ تشغيل الكل






- كتاب من العالم المجهول - 01 حديث على القبر (كتاب مسموع) — 43:05 — الكتاب المسموع — 83 مشاهدة • قبل 8 أشهر
- كتاب من العالم المجهول - 02 أرواح هائمة (كتاب مسموع) — 19:02 — الكتاب المسموع — 91 مشاهدة • قبل 8 أشهر
- كتاب من العالم المجهول- 03 شبح في فراش (كتاب مسموع) — 19:40 — الكتاب المسموع — 123 مشاهدة • قبل 8 أشهر
- كتاب من العالم المجهول- 04 صورة روح (كتاب مسموع) — 13:30 — الكتاب المسموع — 61 مشاهدة • قبل 8 أشهر

قصص قصيرة (الأدب العربي) ▶ تشغيل الكل






- كتاب من العالم المجهول- 11- خذني معك(كتاب مسموع) — 12:57 — الكتاب المسموع — 74 مشاهدة • قبل 5 أشهر
- كتاب من العالم المجهول- 13- صفقة عجيبة (كتاب مسموع) — 15:17 — الكتاب المسموع — 29 مشاهدة • قبل 5 أشهر
- كتاب من العالم المجهول- 12- مات قريرا (كتاب مسموع) — 15:30 — الكتاب المسموع — 42 مشاهدة • قبل 5 أشهر
- كتاب من العالم المجهول- 14- علمها عند ربي (كتاب مسموع) — 21:15 — الكتاب المسموع — 40 مشاهدة • قبل 5 أشهر

سير ذاتية ▶ تشغيل الكل





- الحسن بن الهيثم الرحلة في عالم الضوء (عظماء في طفولتهم) — 11:51 — الكتاب المسموع — 31 مشاهدة • قبل 5 أشهر
- أبو الريحان البيروني قياس المسافات البعيده — 8:23 — الكتاب المسموع — 26 مشاهدة • قبل 4 أشهر
- صلاح الدين الأيوبي لن أحني رأسي أبدا (عظماء في طفولتهم) — 9:19 — الكتاب المسموع — 37 مشاهدة • قبل 5 أشهر
- عبد الرحمن بن خلدون مطارده اللصوص (كتاب مسموع) — 8:44 — الكتاب المسموع — 20 مشاهدة • قبل 4 أشهر

المكتبة الثقافية

٩٤

ثروتنا المعدنية

الدكتور محمد فهيم

وزارة
الثقافة والإرشاد القومي
المؤسسة
المصرية
العامة
للتأليف والترجمة
والطباعة والنشر

أول أكتوبر ١٩٦٣


الناشر
دار القلم
١٨ شارع سوق التوفيقية بالقاهرة
ت ٥٥٠٣٢ — ٧٧٧٤١

مقدمة

إذا كان عصرنا الحالى يطلق عليه بحق اسم عصر الفضاء ، بالنسبة للمحاولات الناجحة التى حققها العلماء فى إطلاق الأقمار الصناعية وفى إطلاق مركبات الفضاء ثم فى إطلاق رجال الفضاء ليدوروا حول الأرض ثم يرجعوا ثانية إليها ، وأصبحنا بذلك على وشك الاتصال والوصول إلى الكواكب الأخرى المحيطة بنا ؛ فإن هذا يرجع إلى الجهود الرائعة التى يبذلها العلماء فى تسخير ما هو موجود بكوكبنا الأرض من خامات ومعادن سواء لصنع مركبات الفضاء المعقدة الكبيرة أو ما يلزمها من وقود ذى قوة دفع هائلة لتسييرها ، أو لصنع الأجهزة العلمية الدقيقة التى استطاع العلم أن يسير بها أجواز الفضاء الفسيح .

وقديما فى بداية حياة الإنسان على الأرض كانت المعادن الثمينة والأحجار الكريمة تحتل مكان الصدارة كرمز للثراء والمباهاة بالغنى والنفوذ . ثم بازدياد حاجات الإنسان لمعيشته وباختراعه

للآلات اليدوية ثم البخارية انتقلت هــذه الأهمية إلى المعادن الأخرى النافعة مثل الحديد والنحاس والرصاص وبتطور الحضارة أصبحنا لا نكتفى باستعمال المعادن المعروفة والموجودة بوفرة فى الطبيعة ، بل ازدادت حاجاتنـا إلى تلك المعادن الأخرى النادرة الوجود وإلى تكوين معادن وسبائك أخرى من خليط من الخامات الطبيعية ذات صفات ومميزات خاصة لتقابل احتياجات الصناعات والاختراعات المتطورة فى عالمنا الحديث .

ويمكن القول بوجه عام أن الإنسان يحصل من طبقات القشرة الأرضية على كل المواد اللازمة لخدمته على هيئة معادن وخامات ، باستثناء المواد الغذائية والملابس . وحتى هذه تدخل الخامات فيهـا بطريقة مباشرة فتستخدم الكيماويات لتقدير خصوبة الأرض وزيادة إنتاجها الزراعى ، وكذلك لمقاومة الآفات الزراعية وهذه يحصل عليها من الخامات المتعددة التى تحويها القشرة الأرضية . وفى الملبس أيضا دخلت الألياف الصناعية واللدائن كمنافس كبير للمواد التقليدية التى تصنع منها الملابس مثل القطن والصوف والتيل الطبيعى . فلا غنى إذن عن الخامات والمعادن الموجودة فى الأرض فى جميع شئون حياتنا وبدونها لايستطيع الإنسان أن يحافظ على المستوى العالى الذى

وصل إليه، ولايستطيع أن يقابل احتياجاته المتعددة المتزايدة.

وتبذل الدول المختلفة كل جهودها فى التنقيب والكشف عن ثروتها المعدنية فى كل شبر من أراضيها لاستنفاد مافيها من خامات ومعادن. ليس هذا فحسب، بل إن من أسباب تطاحن الدول الكبرى فى استعمارها أو فى بسط نفوذها على الدول الصغيرة الأخرى يرجع أولا وقبل كل شىء إلى مدى توفر الخامات فيها. فالكونجو الغنية بخامات اليورانيوم الثمين، وروديسيا حيث أغنى مناجم النحاس فى العالم، ودول الشرق الأوسط التى تحوى أراضيها أكبر احتياط من البترول فى العالم، أمثلة قليلة من كثير لأهمية البلاد بما تحويه أراضيها من ثروات دقيقة ولمدى تنافس الدول الكبرى على التقرب إليها وبسط النفوذ عليها.

ونحن هنا فى جمهوريتنا العربية المتحدة قد بدأنا فى بذل كل الجهود للبحث والتنقيب فى كل شبر من أراضينا الطيبة لاستغلال ما تحويه من ثروات وخامات لمقابلة احتياجات نهضتنا الصناعية الناشئة وتدعيم مكاننا بين الدول المتحضرة. وقد ثبت دون أدنى شك دحض الافتراء القديم الذى تعلمناه فى الصغر من أننا بلد زراعى فقط ومن أن بلادنا هبة النيل . . . بفضل العثور

على البترول وخامات الحديد والمعادن الأخرى فى أراضينا والتى سوف تقيم صناعاتنا على أسس متينة سليمة .

وفى هذا الكتيب سوف نحاول أن نلقى نظرة مبسطة واضحة على ما يحويه كوكبنا الأرض من معادن وخامات وعلى الطرق المختلفة للبحث عن الثروة المعدنية الدقيقة فى باطنها واستخداماتها فى الأغراض المختلفة .



قصة الأرض

تتكون مجموعتنا الشمسية من الشمس يدور حولها كواكب تسعة ـ منها كوكبنا الأرض ـ فى أفلاك ومسارات مختلفة تقع الشمس فى مركزها . ويدور حول الكوكب تابع أو أكثر فمثلا حول أرضنا يدور قمر واحد نعرفه جميعاً . وثمة ملايين الملايين من أمثال هذه المجموعة الشمسية منتشرة فى فضاء الكون الفسيح .

وقد حاول العلماء وضع النظريات المختلفة لتفسير نشأة هذه المجموعات الشمسية وبالتالى نشأة الأرض : ففى إحداها يفترض أن الكون يحوى الملايين من ذرات ودقائق من المواد المختلفة متناهية الصغر وعند اقتراب بعضها من البعض الآخر تتجاذب فيما بينها لتكون سحابة كبيرة هى أصل الشمس فى بداية حياتها . وتأخذ هذه السحابة الغبارية فى الدوران حول نفسها بسرعة تتزايد تدريجا مما يجعلها تأخذ شكل الكرة الترابية . وبازدياد تجاذب هذه الدقائق فيما بينها إلى الداخل ترتفع درجة حرارة الشمس إلى أن تصبح كرة ملتهبة تحوى جميع موادها على هيئة

غازية . ونتيجة لهذه الحركة الدورانية الكبيرة للشمس تتكون ما يشبه الألسنة أو الأذرع فى حافتها الكروية . ثم قد يحدث أن تنفصل من هذه الأذرع كتل من المواد تأخذ كل منها فى الدوران حول الكتلة الأصلية الكبيرة للشمس كما تأخذ فى الدوران حول نفسها أيضاً . وتبرد هذه الكتل المنفصلة بالتدريج ليكون كل منها كوكبا تابعاً لمركز الكرة الأصلية الملتهبة وهى الشمس . وقد تتكون من هذه الكواكب خلال تبريدها البطىء كتل أصغر منها تدور حولها أيضاً لتكون الأقمار.

وفى نظرية أخرى يفترض اقتراب نجم كبير من الشمس وهى فى حالتها الملتهبة الغازية ، مما سبب حدوث حالة مد شديدة بينها نتج عنه تولد لسان أو نتوء كبير برز من الشمس لمسافات كبيرة ثم انفصلت أجزاء من هذا النتوء وتكونت من هذه الأجزاء كتل أخذت تتماسك وتبرد مكونة الكواكب،وبالنسبة لدوران الشمس حول نفسها فإن الكواكب المتكونة تأخذ فى الدوران حولها أيضاً وحول نفسها كذلك . وقد تكررت القصة بين الشمس وبين الكواكب المتكونة لتنفصل بعض أجزاء من الكواكب فيما بعد لتكون توابع وأقماراً لها .

وفى نظرية ثالثة حديثة كانت الشمس فى بادىء الأمر

أكبر بكثير مما هي عليه الآن ومكونة من ذرات ودقائق المواد المنتشرة فى الكون ، وعلى هيئة كرة كبيرة تدور حول نفسها . وخلال عمليات التجاذب إلى الداخل فيما بين هذه الدقائق تقلصت الشمس تدريجاً وانكمشت وبالتالى ارتفعت درجة حرارتها إلى أن وصلت إلى الحرارة العالية جداً التى عليها الشمس الآن (حوالى ٢٠ مليون درجة مئوية فى باطنها وحوالى ٦ آلاف درجة على سطحها) . وقد حدث أثناء عمليات التقلصات والانكماش التى عانتها الشمس أن تركت حلقات حولها من غازات ودقائق المواد المكونة لها ظلت دائرة بنفس سرعة دوران الشمس حول نفسها . ونظراً لعدم تجانس توزيع المواد المنتشرة فى هذه الحلقات فسرعان ما تتجمع أجزاء الحلقات لتكون فيما بينها أجساما تدور حول الشمس فى مسار حلقاتها الأصلية ، وكذلك حول نفسها أيضاً وبنفس الطريقة تكونت الأقمار من أجزاء الكواكب المنفصلة منها خلال تبريدها فى بادىء حياتها . وسواء صحت هذه النظرية أو تلك فلا جدال أن الأرض كانت فيما مضى جزءاً من الشمس تحوى نفس المواد الداخلة فى تركيب الشمس مع اختلاف فى كمياتها وتوزيعها وحالتها (من صلابة وسيولة وغازية) .

وفى مستهل تكون الأرض كانت عبارة عن مواد ساخنة

فى درجة ما بين الغازية والسيولة مما أتاح للمواد الثقيلة أن تترسب فى الداخل لتكون باطن الأرض المنصهر . يليها طبقات من المواد الأقل كثافة نسبيا وتتدرج الكثافة فى النقصان حتى تصل إلى القشرة الأرضية الخارجية التى تتكون من غلالة رقيقة من المواد المختلفة التى بردت وتجمدت على هيئة صخور صلبة بفعل التبريد المستمر للأرض والإشعاع الحرارى الصادر من سطحها إلى الخارج . هذه الطبقات الصخرية المكونة للقشرة الأرضية ظلت طافية فوق ما تحتها من طبقات ساخنة سائلة . وباستمرار عمليات التبريد تنكمش القشرة وتتقلص فى كثير من أجزائها فترتفع أجزاء منها فى صورة قارات اليابسة وتنخفض أجزاء أخرى مكونة المحيطات . وبمرور الزمن تباعدت هذه القارات وهى فى أول عهدها عن بعضها البعض وانجرفت فوق ما تحتها من طبقات سائلة . يماثل هذا ما يحدث لجبال الجليد عندما تطفو فوق سطح المحيط بعد انفصالها من أماكنها الأصلية فى المناطق القطبية وانزلاق أجزائها متباعدة .

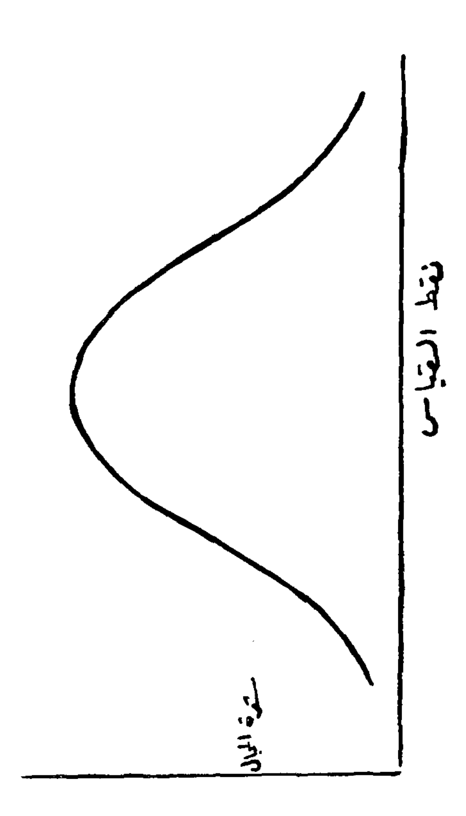
وليس أدلّ على تباعد وتحرك القارات فى العصور الجيولوجية القديمة ، مما نراه من تطابق يكاد يكون تاما عندما نقارن شكل السواحل الغربية لأوربا وإفريقية بالسواحل

الشرقية لأمريكا ، والتى تحدد معالم المحيط الأطلسى . ومن جهة أخرى فقد دلت دراسة حفريات الكائنات القديمة المنقرضة التى عاشت على ضفتى المحيط على أنها تتماثل من جميع الوجوه بل ومن نفس العصور الجيولوجية أيضا .

وتستمر عمليات التبريد والتقلصات فى طبقات القشرة الأرضية لإيجاد حالة توازن بين أجزائها الصلبة وبين ما تطفو عليه من طبقات سائلة فى باطن الأرض وتتكون خلال عمليات التوازن الجبال والوديان فى القارات المختلفة ، وقد يحدث بين حين وآخر ، نتيجة لهذه التقلصات ، حدوث هزات أرضية وزلازل وبراكين مما يساعد أيضا على تكون الالتواءات والكسور بين الطبقات الصخرية مكونة الجبال والالتواءات الداخلية .

أما باطن الأرض فيظل عل حالته الساخنة فى درجة حرارة عالية مكونا من المواد الثقيلة فى حالة انصهار ويرجع ذلك إلى عاملين .

الأول : أن صخور القشرة الأرضية المغطية لباطن الأرض رديئة التوصيل بصفة عامة لحرارة الإشعاع الصادرة من باطن


شدة المجال
نقط القياس

الأرض الساخن وبالتالى لا يفقد كثيرا من حرارته وبالتالى يظل على حالته الحرارية لفترة طويلة جدا .

والعامل الثانى : أن من بين مايحويه باطن الأرض مواد مشعة — سوف نتعرض لها بالتفصيل فيما بعد — تطلق خلال تفاعلاتها الذرية إشعاعات مختلفة منها إشعاعات حرارية وهذه تعوض ما يفقده باطن الأرض خلال التبريد البطىء الذى يحدث له . وتعترى المواد المنصهرة بباطن الأرض بين آن وآخر تيارات وأمواج تساعد على انتشار هذه المصهورات خلال مافوقها من طبقات القشرة الأرضية ويزيد هذا الانتشار عند حدوث البراكين التى تقذف بما بداخلها من حمم خلال هذه الطبقات والصخور .

أما السطح الخارجى للقشرة الأرضية فيتعرض بمرور الزمن لعوامل التعرية التى أهمها : تغيرات درجة الحرارة على مدار اليوم بين الليل والنهار ، وعلى مدار السنة بين الصيف والشتاء ثم الأمطار وما تجرفه فى طريقها من مواد السطح من أعالى الجبال ، وكذلك الرياح التى تساعد على نقل الرمال والأتربة من مكان لآخر . هذه العوامل تفتت وتشقق صخور القشرة الأرضية الخارجية ويُحمل الفتات بواسطة الأنهار إلى حيث يترسب فى قاع

البحيرات والبحار والمحيطات مكونا طبقات أخرى تزداد سمكا وثقلا بمرور الزمن الجيولوجى الطويل ، ومع استمرار التبريد والتقلصات فى طبقات القشرة الأرضية ، فإن التوازن القائم بين طبقات الصخور المختلفة يختل ويستتبع هذا إرغام طبقات القشرة الأرضية على الالتواء هنا وهناك لإعادة التوازن من جديد بينها . فتتكون مرة أخرى الجبال والأخاديد والوديان إذا وصلت هذه الالتواءات إلى السطح ،أو تتكون التواءات وشقوق داخلية يتسرب خلالها مصهورات مواد باطن الأرض عند انتشارها .

وهكذا تستمر التغيرات التى تعترى طبقات القشرة الأرضية لتحافظ دائما على التوازن فيما بينها وبين ما تطفو عليه من طبقات المصهورات الداخلية فى باطن الأرض . وطبيعى لا يمكن أن نحس بهذه التغيرات خلال حياتنا القصيرة جدا بالنسبة للأزمنة الجيولوجية نظرا لأن هذه التغيرات تكون بطيئة جدا وتأخذ آلاف السنين .

على هذا يمكن تصور كوكبنا الذى نعيش عليه مكونا على الصورة الآتية :

١ — باطن الأرض وهو عبارة عن كرة مركزية ساخنة

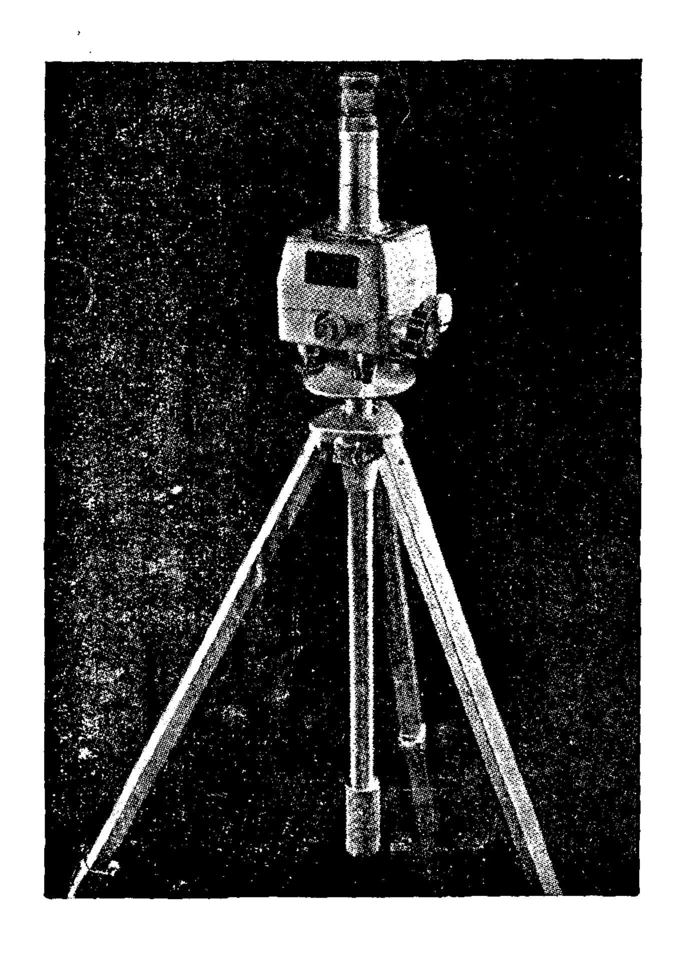
جدا مكونة من مصهورات المعادن الثقيلة مثل الحديد والنيكل ويبلغ نصف قطرها حوالى ٣٠٠٠ كيلو متر (نصف قطر الأرض حوالى ٦٠٠٠ كيلو متر) وكثافتها ١٣جم / سم٣. وقد أتاحت دراسة الهزات والزلازل الأرضية التى تحدث بين وقت وآخر الوسيلة لدراسة باطن الأرض والتأكد من أنها كرة ساخنة سائلة من الحديد والنيكل .

والشخص العادى قد يساعده على لمس هذه الحقيقة ثوران البراكين التى تقذف بهذه المصهورات من الداخل ، وكذلك الينابيع الساخنة الموجودة فى بعض أنحاء الأرض .

٢ — يعلو هذه الكرة المركزية طبقة سميكة من الصخور الثقيلة تبلغ كثافتها فى المتوسط حوالى ٤٫٤ جم / سم٣ . يتكون أغلبها من صخور البازلت والجرانيت .

٣ — أما القشرة الأرضية الخارجية فيبلغ سمكها بضع عشرات من الكيلو مترات فقط ، وهى مكونة من الصخور والمواد الخفيفة الأخرى وتبلغ كثافتها حوالى ٢,٣ جم / سم٣ .

وتحتوى القشرة الأرضية فى طبقاتها المختلفة — القريبة منها والبعيدة من السطح — على جميع المعادن والخامات بنسب متقاربة فى صخورها المختلفة . فبعضها نسبة وجود المعدن فيه ضئيل



لا يسمح باستخراجه والانتفاع به، فى حين يتركز فى البعض الآخر بحيث يمكن الكشف عنه واستخراجه واستغلاله اقتصاديا .

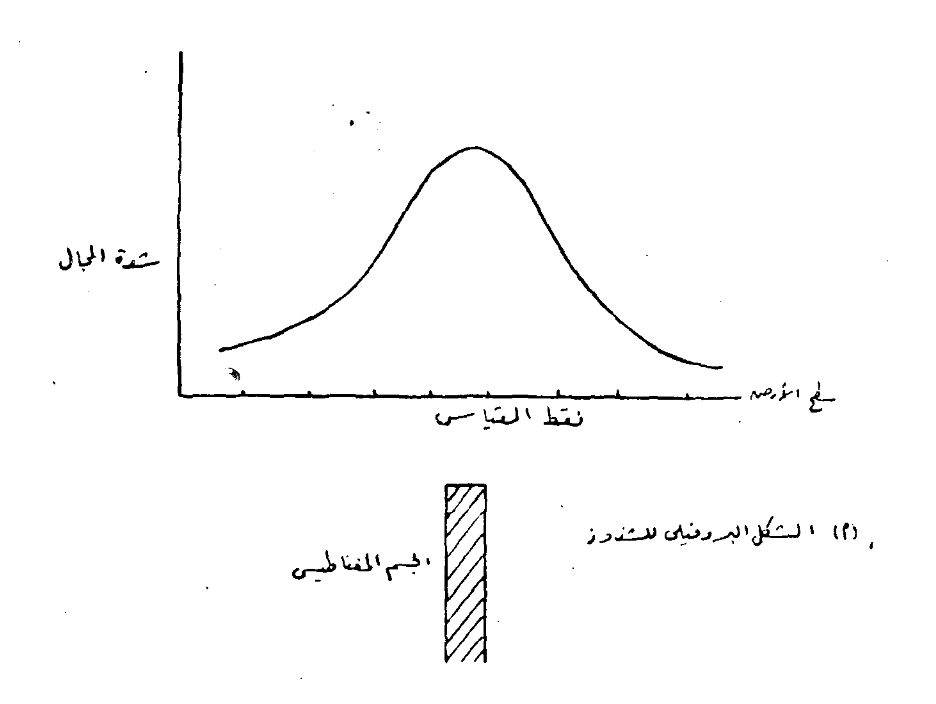
. وتتكون القشرة الأرضية بصفة عامة من ثلاثة أنواع من الصخور الرئيسية :

١ — الصخور النارية (Lgneous Rocks)

وتطلق على مجموعة من الصخور التى تكونت نتيجة تبريد المواد المنصهرة التى كانت موجودة فى باطن الأرض وتسمى ماجما (MaJma) والتى تقذفها البراكين بين وقت وآخر لتصل إلى سطح الأرض أو بالقرب منه وتتجمد بعد تبريدها على هيئة صخور نارية ذات كثافة عالية وقد تحتوى بعض المعادن والخامات على هيئة بلورات منتشرة فيها . من أمثلة هذه الصخور البازلت والجرانيت .

٢ — الصخور الرسوبية (Sebimentary Rocks) :

عندما تتفتت صخور طبقات القشرة الأرضية الخارجية بفعل عوامل التعرية السالفة الذكر ، ينقل فتاتها بواسطة الأمطار والأنهار ثم يرسب فى قاع البحار أو على روافد الأنهار على هيئة طبقات مستوية فوق بعضها البعض فى بادىء الأمر ، ثم قد يعتريها فيما بعد التواءات أو كسور فيها نتيجة لعوامل التقلصات



(٢) الشكل البروفيلي للشذوذ

التى تعترى القشرة الأرضية . ويتوقف معـدل الترسيب على نوع المواد المترسبة وكثافتها، فتترسب المواد الثقيلة بسرعة أكبر من السرعة التى تترسب بها دقائق الطمى والمواد الترابية المعلقة فى مياه الأنهار الحاملة فيها . وقد تتماسك هذه الرسوبيات فيما بعد بفعل ضغط ما يترسب فوقها من طبقات أخرى لتكون صخوراً وأحجاراً رملية أوجيرية أوطفلية . هذه هى الصخور الرسوبية.

٣ — الصخور المتحولة (Metamorphic Rocks) :

وإذا تعرضت الصخور الرسوبية على مر الزمن الجيولوجى الطويل إلى الضغط الشديد وإلى درجات الحـرارة العالية التى تنشأ بفعل ما يمر بها أو خلالها من مصهورات الماجما السالفة الذكر، فإن هذه الصخور الرسوبية تنتج أنواعا أخرى تعرف باسم الصخور المتحولة .

وكما أسلفنا تحتوى طبقات القشرة الأرضية المختلفة على خامات المعادن بنسب متفاوتة، وثمة عدة طرق طبيعية لتكوين وتركيز الخامات بحيث تكون ذات قيمة اقتصادية تسمح باستغلالها :

١ — بعضها يبدأ بتركيز مباشر للمعادن المنصهرة فى باطن الأرض أثناء نفاذها فى القشرة الأرضية ثم تجمدها فى الطبيعة بالقرب من السطح .

٢ — وقد يتبلور من مصهور باطن الأرض الذى وصل إلى السطح معادن ثقيلة مثل أكاسيد الحديد ثم يحدث انفصال بها وتهبط إلى أسفل المصهور قبل تجمده بفعل كثافتها العالية .

٣ — خلال تسرب الغازات والسوائل من مصهورات الصخور فإنها تحمل معها أنواعا مختلفة من المعادن المتحدة مع معادن أخرى ، فإذا انخفضت درجة حرارتها فيما بعد أو قابلت مياها فإنها تلقى بما تحمله من خامات وترسبه فى شقوق وفجوات الصخور الأخرى . مثل هذا النوع القصدير والنحاس والرصاص والزنك .

٤ — يمكن للمياه الجارية تحت سطح الأرض ، والتى تنفذ خلال طبقاتها المسامية ، إذابة بعض أملاح المعادن الموجودة فى الصخور ثم إعادة ترسيبها داخل الفجوات والشقوق والالتواءات المنتشرة بين تكوينات وطبقات القشرة الأرضية .

٥ — كما تحتوى مياه البحار والبحيرات على كثير من الخامات على هيئة أملاح ذائبة فى مياهها ويترسب بعضها ليصبح ذا قيمة اقتصادية قد يبلغ سمك طبقاتها مئات الأمتار نتيجة لتبخر المياه فى الأماكن المغلقة للبحيرات الصغيرة ، أو نتيجة ارتفاع قاع البحر عند حدوث تقلصات بالقشرة خلال العصور الجيولوجية المختلفة .

طرق البحث عن الثروة المعدنية

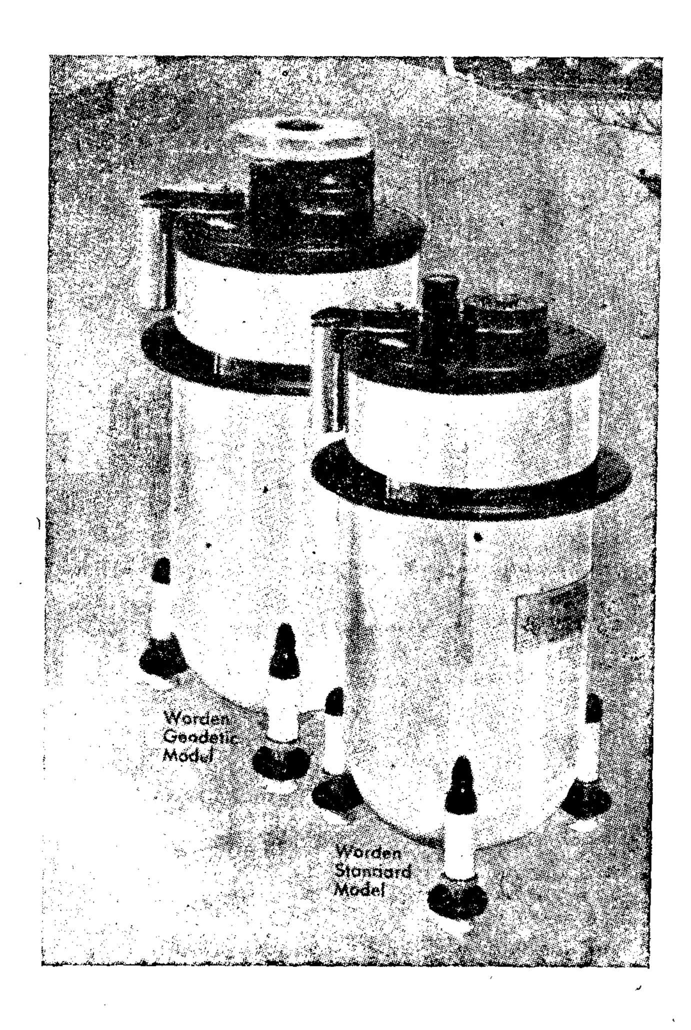
منذ آلاف السنين وحتى مطلع القرن الحالى كان العثور على الخامات المعدنية والبترول الموجود فى باطن الأرض يتم بمحض المصادفة . فالموجود منها على هيئة طبقات أو عروق ظاهر بعضها على سطح الأرض كان يكفى لاستغلال إزاحة ما على أجزائها المطمورة من رمال أو صخور رسوبية . أما إذا كان المعدن دفينا فى باطن الأرض فإن التنقيب عنه والعثور عليه كان يتم بالحفر هنا وهناك فى نقط مختلفة على السطح ، وحينما تتوافر بعض الأدلة الجيولوجية على وجوده .

بهذه الطرق البدائية البسيطة أمكن للمصريين القدماء اكتشاف واستغلال خامات المعادن النفيسة وغيرها مثل الذهب والفضة وأكاسيد الحديد والنحاس والتى كانت موجودة حينئذ بوفرة فى جبال الصحراء الشرقية وفى وادى النيل . وقد زينوا بها معابدهم وآثارهم وتفننوا بدقة صنعهم فى إظهار ما كانوا عليه من مدنية عريقة فى الوقت الذى كان باقى العالم غارقا فى ظلمات الجهالة والبدائية .

كما أننا مازلنا نذكر تلك الثورة الصاخبة التى اجتاحت الولايات المتحدة الأمريكية فى البحث عن الذهب فى منتصف القرن الماضى، حينما زحف آلاف المغامرين إلى غرب أمريكا للبحث عنه فى وديان سلسلة جبال روكى (Rocky Mountains) الممتدة من شمالها إلى جنوبها جهة الغرب . حينئذ كان العثور عليه يتم بالصدفة البحتة وبالحفر فى كل مكان .

وطبيعى كان العثور على الخامات بهذه الطريقة يتكلف الكثير من الأموال والأرواح والجهود الشاق الطويل، إذ كانت نسبة ما يعثر عليه من الخامات إلى ما يتكلفه فى البحث عنها نسبة ضئيلة بالإضافة إلى الاقتصار فى التنقيب عنها على الموجود منها قريبا من سطح الأرض فقط .

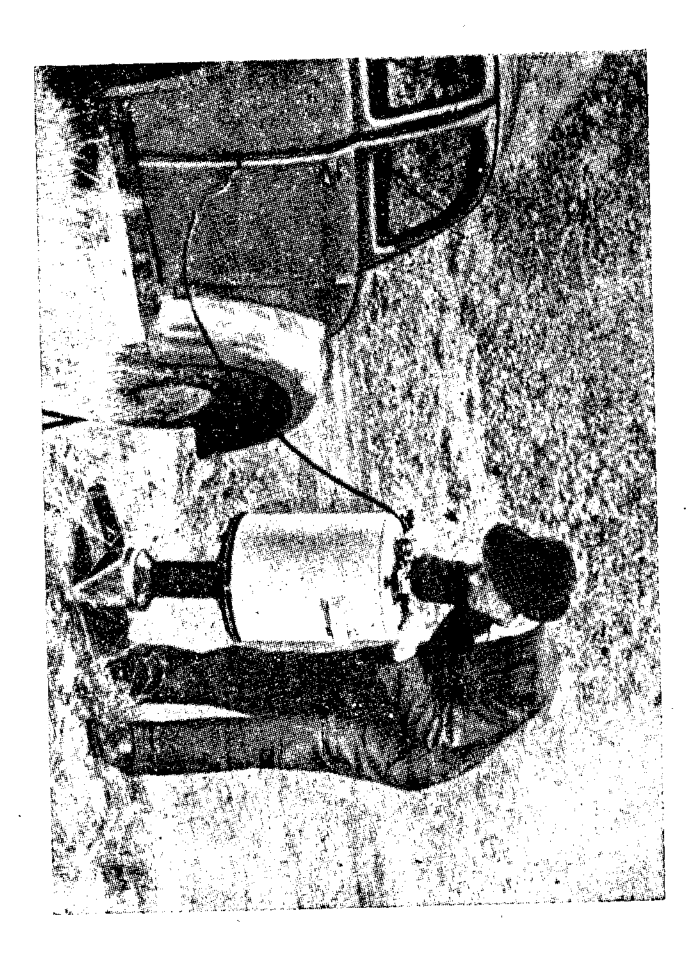
ولكن التقدم الكبير فى العلوم التطبيقية والتكنولوجية فى عصرنا الحالى، بالإضافة إلى ازدياد الحاجة إلى المواد الخام لاستخدامها فى الصناعة وإلى موارد جديدة للطاقة، المقابلة للزيادة المطردة فى عدد سكان الأرض وازدياد احتياجات عصر الذرة والفضاء، جعل من المحتم البحث فى كل شبر على الأرض وفى داخلها عما بها من خامات بطرق علمية منظمة لها نظريات وقوانين .


Worden
Geodetic
Model
Worden
Standard
Model

ومن هنا ظهر حديثا علم الفيزياء الأرضية (Geophysics) وأصبحت طرق البحث الجيوفيزيقية (Geophysical Prospecting) لا غنى عنها فى تحديد أماكن تجمعات الخامات المختلفة ، مهما اختلفت أعماقها ، تحديداً يقرب من اليقين مما قلل كثيرا من المجهود ونفقات البحث عنها. كما تنوعت أجهزة البحث والقياس الحقلية المستخدمة وبلغت من الدقة والحساسية مبلغا كبيرا لدرجة استخدامها من الجو بواسطة الطائرات كما سيجىء فيما بعد .

طرق البحث الجيوفيزيقية :

قد يكون من المفيد هنا معرفة كلمة جيوفيزياء (Geophsics) التى كثيرا ما تمر بأغلبنا دون أن نتفهم معناها أو أصلها . فالكلمة نفسها لها شقان : الأول (-Geo) معناها باللغة اللاتينية الأرض ومنها اشتقت عدة كلمات منها كلمة جيولوجيا (Geology) وهو علم طبقات الأرض . والشق الثانى Physics أى فيزياء ويبحث عالم الجيوفيزياء أو الجيوفيزيقا فى دراسة الخواص والظواهر الطبيعية لكوكبنا الأرض فى البر والبحر وعلى اليابسة وفى باطن الأرض ويدخل تحت هذا العلم



عدة فروع منها : علم المتيورولوجيا : الخاص بدراسة الظواهر الجدية المختلفة من رياح وأمطار وحرارة وكذلك تحركات الـكتل الهوائية فى طبقاتها المختلفة وتأثير ذلك على حياة الإنسان والحيوان والنبات .

المغناطيسية الأرضية : وما يعتريها من تغيرات وعلاقة ذات بالظواهر الطبيعية الأخرى .

الجاذبية الأرضية : واختلافاتها على سطح الأرض .

الهزات الأرضية : من زلازل وبراكين وما يتبع ذلك من تحركات وتغيرات فى القشرة الأرضية .

علم المحيطات : وتحركات التيارات المـائية فيها وما يحدث لمياهها من تبخر وأثره على المناخ .

علم الثلجيات (Glaciology) وتحركات الـكتل الثلجية فى المناطق القطبية .

وبالرغم من أن هذا العلم استحدث منذ زمن قريب بالنسبة لباقى العلوم إلا أنه أصبح من الأهمية لدرجة أنه أقيمت خلال عامى ١٩٥٧ — ١٩٥٨ ما سميت بالسنة الدولية الجيوفيزيقية (International Geophysical Year) لدراسة طبيعيات الأرض ، والتى تضافرت فيها جهود أكثر من ثلاثة آلاف عالم

يمثلون ٦٦ دولة ، منها الجمهورية العربية المتحدة ، لدراسة جميع الظواهر الطبيعية لكوكبنا والتغيرات التى تطرأ عليها .

أما طرق البحث الجيوفيزيقية (Geophysical Prospecting) للبحث عن الخامات والمعادن فتعتمد على دراسة الخواص الطبيعية للصخور والمعادن المختلفة واستخدام هذه الخواص فى طرق مختلفة للكشف عنها . وأهم هذه الخواص الطبيعية هى :

١ — الخواص المغناطيسية :

فبعض المواد لها خواص المغناطيس إذ تنحرف إبرة البوصلة المغناطيسية نحوها إذا اقتربت منها . مثل هذه المواد تسمى بالمواد المغناطيسية التى أهمها الحديد والنيكل وتختلف الصخور والتركيبات الجيولوجية عن بعضها البعض فى خواصها المغناطيسية ، وفى قابليتها للتمغطس باختلاف درجة تركيز المواد المغناطيسية فيها . وهذا أساس طريقة البحث المغناطيسية .

٢ — الكثافة :

تختلف المواد بعضها عن البعض الآخر فى كثافتها حسب تركيبها وتركيز ما بها من مادة . فالمعادن مثلا أثقل من الصخور بوجه عام ، والصخور النارية أثقل من الصخور الرسوبية والجدول رقم (١) يبين كثافة الصخور والمواد المختلفة .

ومن اختلاف كثافات الصخور فى باطن الأرض نشأت «طريقة الجاذبية» لمعرفة تركيب طبقات القشرة الأرضية وما بها من تكوينات داخلية والتواءات . هذه الطريقة تستخدم بنجاح فى الكشف عن أماكن تجمعات زيت البترول .

جدول رقم (١)

كثافة الصخور والمعادن المختلفة

المادة	الكثافة (جم / سم٣)
صخور طفلية وطينية	١,٢ — ١,٨
صخور رسوبية	١,٨ — ٢,٣
حجر رملى	٢ — ٢,٥
حجر جيرى	٢,٥ — ٢,٧
جرانيت	٢,٥ — ٢,٨
بازلت	٢,٧ — ٣,٣
كوارتز	٢,٥ — ٢,٧
هيماتيت (اكسيد حديد)	٤,٩ — ٥,٣
ماجنتيت (» »)	٥ — ٥,٢
إلمنيت (» »)	٤,٤ — ٤,٩
الحديد	٧,٣ — ٧,٨
النحاس	٨,٨ — ٨,٩
الفضة	١٠,١ — ١١,١
البلاتين	١٤ — ١٩
الذهب	١٥,٦ — ١٩,٣

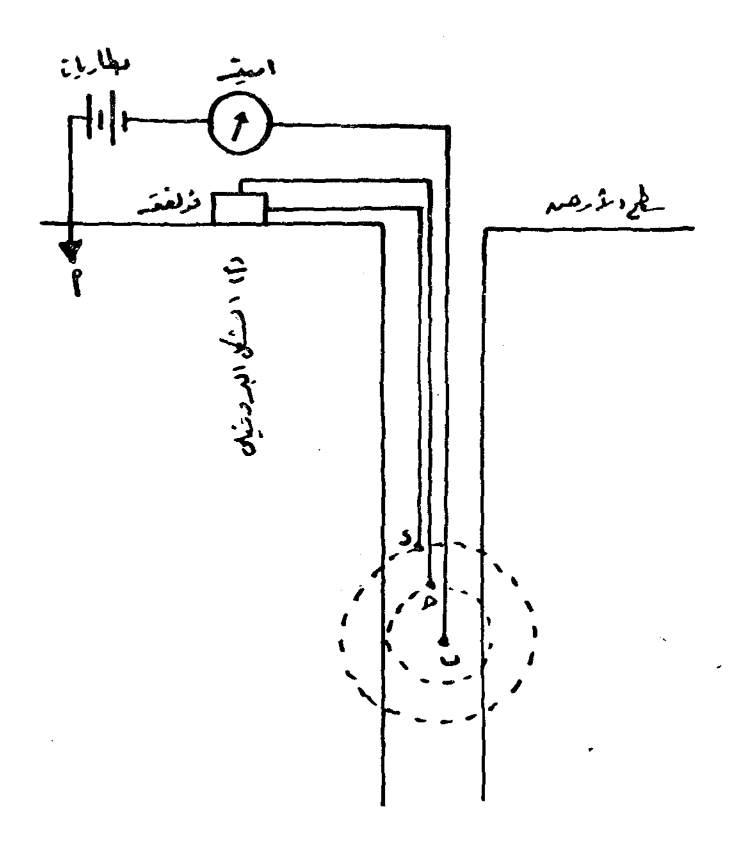
٣ — الخواص الكهربية :

تختلف الصخور والمواد أيضا بعضها عن البعض الآخر فى مدى شدة توصيلها أو ممانعتها لسريان الكهرباء فيها . فالمعادن بوجه عام جيدة التوصيل للكهرباء ، أما الغالبية العظمى للصخور فهى رديئة التوصيل . ويختلف مدى ممانعتها أو مقاومتها الكهربية باختلاف تكوينها والجدول رقم (٢) يبين المقاومة الكهربية لبعض الصخور .

جدول رقم (٢)

المقاومة الكهربية للصخور والمعادن

المـادة	المقاومة النوعية (أوم.سم)
ماجنتيت	٠,٦ — ٠,١
جرافيت	٠,٠٣
الملح الصخرى	$٣ \times ١٠^{٢} — ٥ \times ١٠^{٥}$
الحجر الجيرى	$١,٨ \times ١٠^{٤}$
الطَّفل	$١٠^{٣} — ١٠^{٥}$
المايكا	$١,٣ \times ١٠^{٥}$
الحجر الرملى	$٧ \times ١٠^{٣} — ٧ \times ١٠^{٥}$
الجرانيت	$١٠^{٦} — ١٠^{٨}$


بطاريات
اميتر
سطح الأرض
أ
د
هـ
ب

هذا التفاوت فى المقاومة الكهربية هو أساس « الطريقة الكهربية » التى تستخدم عادة فى البحث عن خامات النحاس وعن مصادر المياه الجوفية فى الصحارى .

٤ — المرونة :

تتوقف سرعة انتشار الموجات الصوتية خلال الصخور والمواد المختلفة تبعا لمرونتها ومدى تركيز المادة فيها . فسرعة انتشار الصوت فى الصخور النارية أكبر منها فى الصخور الرسوبية كما أن سرعتها فى المعادن تفوق كثيرا مثيلتها فى السوائل حسب الجدول رقم (٣) وتستخدم هذه الخاصية فيما تسمى « بالطريقة السيسمية » (Seismie Method) لمعرفة التكوينات الجيولوجية المختلفة التى تحتويها القشرة الأرضية . وتستخدم هذه الطريقة بنجاح فى الكشف عن البترول .

بجانب هذه الطرق الجيوفيزيقية الرئيسية الأربعة ، توجد طرق أخرى منها الطريقة الإشعاعية (Rsdioactve Method) وطريقة الجس داخل الآبار (Well Logging) .

وسوف نشرح كل طريقة على حدة شرحا مبسطا يؤدى الغرض من هذا الكتيب .

جدول رقم (٣)

سرعة الموجات الصوتية فى الصخور

	سرعة الصوت (قدم/ثانية)
الطمى	٦٠٠ — ٨٠٠٠
الطفل	٦٠٠٠ — ١٣٠٠٠
الحجر الرملى	٨٠٠٠ — ١٣٠٠٠
الملح الصخرى	١٥٠٠٠ — ١٧٠٠٠
الحجر الجيرى	١٦٠٠٠ — ١٨٠٠٠
الجرانيت	١٩٠٠٠
البازلت	٢٠٠٠٠

الطريقة المغناطيسية

Magnetic Methep of Prospecting

المغناطيسية الأرضية :

للأرض مغناطيسية ومجال مغناطيسى كما لو كانت تحوى مغناطيسا قويا كبيرا بداخلها مارا بمركزها . وقد عرفت هذه الظاهرة الطبيعية من قديم الأزل ، حينما وجد أن حجر المغناطيس الطبيعى المعروف باسم اللودستون Loadstone إذا علقت قطعة صغيرة منه بخيط تعليق رقيق حتى يصير حر الحركة فإنه يتخذ دائما اتجاها ثابتا فى المكان الواحد لايحيد عنه مهما اختلفت طريقة التعليق كما أن إبرة البوصلة المغناطيسية تأخذ اتجاه الشمال — الجنوبى دائماً فى أى مكان على سطح الأرض . والواقع أن لحجر اللودستون خاصية استقطاب مغناطيسية طبيعية ولهذا السبب استخدامه الملاحون القدماء كبوصلة لتعيين اتجاه الشمال بوضع شظية منه لتطفو فى وعاء مملوء بالماء .

وقددلت القياسات والتجارب على هذه الظاهرة الطبيعية على أن للأرض قطبين مغناطيسيين قريبين من القطبين

الجغرافيين — اللذين تدور الأرض حول المحور الواصل بينهما — كما أن لها مجالا مغناطيسيا تختلف شدته من نقطة إلى أخرى تبعا لموقعها أى وفقا لخط عرضها. وعلى هذا فإن المجال المغناطيسى الأرضى يماثل المجال الناشىء من قضيب مغناطيس والذى يمكن مشاهدته إذا نثرت برادة حديد على قطعة من الورق موضوعة فوق المغناطيس حينئذ نرى المجال المغناطيسى للقضيب على هيئة خطوط مقوسة تبدأ من أحد طرفيه وتنتهى عند الطرف الآخر، تسمى نقطتى التجميع أو التلاقى لهذه الخطوط بقطبي المغناطيس. ولكل مغناطيس قطبان فقط يسمى أحدهما بالقطب الباحث عن الشمال والآخر بالقطب الباحث عن الجنوب بالنسبة لاتجاه الأول دائماً نحو الشمال والآخر نحو الجنوب إذا علق المغناطيس تعليقا حرا. والشكل رقم ١ يبين بصورة مبسطة خطوط القوى المغناطيسية للأرض ولقضيب مغناطيسى.

وتقاس شدة المجال المغناطيسى عند أى نقطة بمقدار القوة المغناطيسية الواقعة على وحدة شدة قطب مغناطيس إذا وضع عند هذه النقطة. ونظرا لأن مثل هذه القوة لها مقدار واتجاه فإنه بالنسبة للمجال الأرضى المغناطيسى يمكن تحليل شدة المجال إلى قوتين أو مركبتين: المركبة الأفقية المغناطيسية والمركبة

الرأسية المغناطيسية. وبالتالى يمكن تحديد شدة المجال المغناطيسى عند أى نقطة على سطح الأرض بقياس هاتين المركبتين ، وكذلك قياس زاوية الانحراف ، وهى الزاوية التى يصنعها اتجاه إبرة البوصلة مع اتجاه الشمال الجغرافى عند الموقع .

يختلف مقدار كل عنصر من هذه العناصر الثلاثة باختلاف مكان قياسه على سطح الأرض ، فمثلا مقدار القوة الأفقية المغناطيسية تكون أكبر ما يمكن عند خط الاستواء وتقل تدريجيا كلما اتجهنا نحو أحد القطبين ، شمالا أو جنوبا حيث تصير صفرا . والعكس فى حالة المركبة الرأسية المغناطيسية التى تنقدم عند خط الاستواء وتزداد بالتدريج لتبلغ نهايتها العظمى عند القطبين .

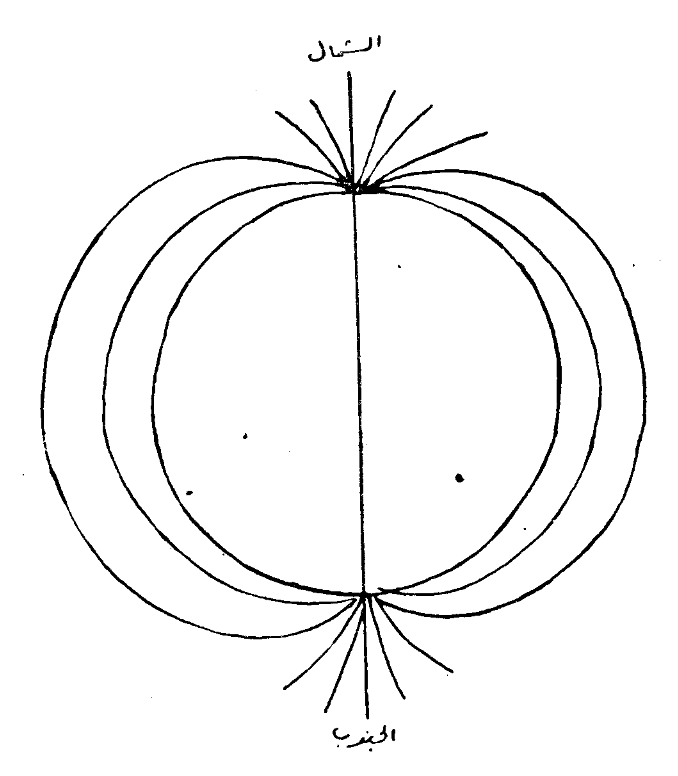
وقد رسمت الخرائط المغناطيسية لجميع أنحاء سطح الأرض تقريباً ، وتحتوى هذه الخرائط على أحد هذه العناصر . وتستخدم خرائط زوايا الانحراف فى الملاحة لمعرفة الاتجاهات .

هذه هى الصورة التقريبية للمجال المغناطيسى للأرض ولتوزيع خطوط القوى المغناطيسية بصفة عامة على سطحها إذا افترضنا أن الأرض تتكون من طبقات صخرية وجيولوجية متجانسة فى جميع أنحائها . لكن الصورة الحقيقية تختلف عن هذا ، فباطن الأرض يحتوى على طبقات غير متجانسة من

الصخور والتركيبات الجيولوجية المعقدة ، كما أن بها العديد من الالتواءات والكسور الداخلية ، ويضم بعض هذه الصخور والتركيبات مواد مغناطيسية مثل أكاسيد الحديد والنيكل .

ونظراً لخواص هذه المواد المغناطيسية ووجودها فى المجال المغناطيسى الأصلى للأرض فإن وجودها يزيد أو يغير من شدة المجال الأصلى تبعاً لخواصها المغناطيسية ولقابليتها للتمغنط ، وكذلك تبعاً لقربها أو بعدها من السطح . فحيثما تكون القابلية المغناطيسية للصخور شديدة يزداد شدة المجال الأرضى الأصلى ، كما يحدث هذا أيضاً إذا اقتربت الطبقات الصخرية المحتوية على المواد المغناطيسية من السطح .

وإذا اعتبرنا أى مساحة محدودة ـ بعدة كيلومترات مثلا ـ على سطح الأرض فإن المجال المغناطيسى الأرضى يكون ثابتاً فى جميع أنحائها طالما كانت طبقات القشرة الأرضية تحتها مستوية ومتجانسة أما إذا اختل هذا التجانس أو الاستواء أو التوزيع فى الطبقات الصخرية واحتوت بعضها على مواد مغناطيسية فإن شدة المجال المغناطيسى ، إذا قيست على السطح ، تختلف من نقطة إلى أخرى ، فنراها تزداد فوق الصخور المحتوية على مواد مغناطيسية عنها فى الأماكن الأخرى . هذا الاختلاف عن المجال



(ب) خطوط المجال المغناطيسى للأرض

(شكل ١)

المغناطيسى الأصلى يعبر عنه بالشذوذ المغناطيسى . مثل هذا الشذوذ حتى فى أكبر حالاته ضئيل جداً بالنسبة لقيمة المجال الأرضى الأصلى ولا يتجاوز $\frac{1}{١٠٠}$ منه .

وتقاس شدة المجال الأرضى المطلقة بوحدات تسمى الجاوس (Gauss) وفى بعض الأحيان يطلق عليها ١ سم أدرستد (Dersted) نسبة إلى العالمين الفيزيائيين جاوس وادرستد . فمثلا المركبة الأفقية المغناطيسية فى القاهرة هى ٠,٣ جاوس والمركبة الرأسية ٠,٢٨ جاوس وعند خط عرض ٦٠° شمالا تبلغ الأولى ٠,١٥ جاوس والثانية ٠,٤٥ جاوس .

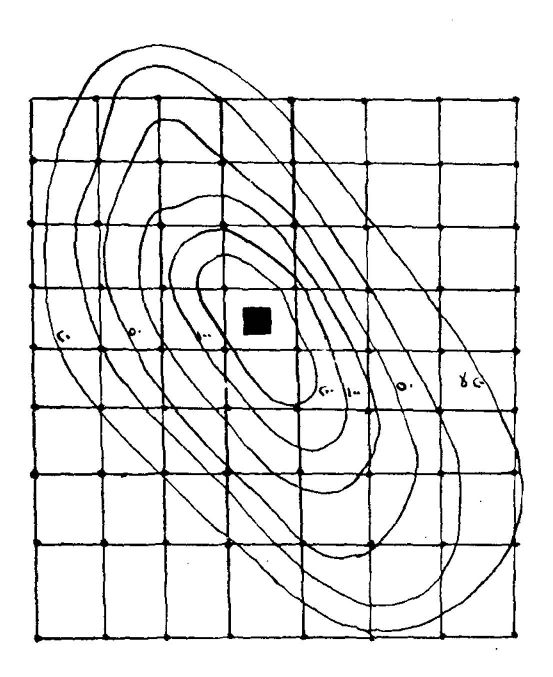
ونظراً لضآلة مقدار الشذوذ المغناطيسى الناشئ من المواد المغناطيسية الموجودة فى التركيبات الجيولوجية للقشرة الأرضية فقد استحدثت وحدة أخرى للقياس أصغر كثيراً من الوحدة المطلقة وتسمى جاما (Gamma) ويرمز لها بالرمز اللاتينى (ɤ) حيث ١ جاما = $\frac{1}{١٠٠٠٠٠}$ من الجاوس . وهذه الوحدة هى المستخدمة فى عمليات المسح المغناطيسى الحقلى للكشف عن المواد والخامات المغناطيسية الموجودة تحت السطح وقد أمكن صنع أجهزة القياس المغناطيسية الحقلية التى بلغت مبلغاً كبيراً من الحساسية ليمكنها من قياس ٠,١ من الجاما .

الطريقة المغناطيسية للكشف عن الخامات :

تعتمد هذه الطريقة على وجود مواد مغناطيسية مثل خامات الحديد بأكاسيده المختلفة المنتشرة فى بعض تكوينات القشرة الأرضيـة على هيئة ما جنتيت (Magetite) أو إلمنيت (Ilmenite) أو هياتيت (Haematite) ، والتى ينشأ من وجودها اختلاف فى شدة المجال المغناطيسى الأرضى عند قياسها عند السطح من نقطة إلى أخرى مما يظهر معه شذوذ مغناطيسى فى المنطقة فوقها .

وللتعرف على أماكن الشذوذ المغناطيسى وتحديد مواقعه تقاس شدة المجـال — وغالباً ما تـكون القوة المغناطيسية الرأسية — فى نقط مختلفة على سطح الأرض موزعة إما على استقامة واحدة أو على هيئة رؤوس مستطيلات صغيرة تقسم إليها المساحة المطلوب البحث والتنقيب فيها . ويتوقف بعد كل نقطة عن الأخرى على مقدار الشذوذ المتوقع فى المـكان ، فقد تـكون صغيرة لا تتعدى بضعة أمتار إذا كان الشذوذ صغيراً ، وقد تمتد المسافة إلى عشرات الأمتار حينما يـكون الشذوذ كبيراً . وهناك طريقتان لإظهار نتائج القياسات الحقلية :

(ا) إذا كانت نقط القياس على خط مستقيم توقع قيمة شدة المجال المغناطيسى على رسم بيانى يحتل مواضع نقط القياس



(ب) الشكل الكنتوري للشذوذ

وقيمة شدة المجال المناظرة لكل نقطة . مثل هذا الرسم أو المنحنى — كالمبين فى شكل (٢) ا — يسمى البروفيل (Profile) يبين قيمته القصوى مكان الشذوذ الموجود فى المنطقة وبالتالى مكان تجمع المواد المغناطيسية المراد التنقيب عنها .

(ب) إذا قسمت منطقة البحث إلى مربعات أو مستطيلات تقاس شدة المجال عند رؤوس هذه المستطيلات وتوقع أماكنها على خريطة للمكان بمقياس رسم مناسب وتوقع قيم شدة المجال فى نقط القياس المختلفة . ثم ترسم الخطوط والمنحنيات المارة بالنقط ذات القيم المتساوية لشدة المجال بحيث يكون لكل منحنى قيمة تختلف عن الآخر . تسمى مثل هذه المنحنيات بالخطوط الكونتورية (Gontour Lines) لشدة المجال وهى تشبه الخطوط الكونترية المدونة الموجودة فى الخرائط الجيولوجية والمساحية . ويبين الشكل العام لهذه المنحنيات الأماكن ذات الشذوذ المغناطيسى حيث تتجمع تحتها التكوينات والطبقات المحتوية على المواد المغناطيسية . وعادة ما تكون هذه الخطوط عبارة عن منحنيات مقفلة تزداد قيمتها كلما اقتربنا من وسطها، ويمكن تضييق نطاق هذه الخطوط الكونتورية بالإكثار من نقط القياس واقترابها من بعض وبالتالى يمكن حصر أماكن تجمعات المواد المغناطيسية إلى أضيق نطاق .

والشكل رقم (٢) ب يبين الخطوط الكونتورية فوق كتلة رأسية من خامة مغناطيسية وتجدر الإشارة هنا إلى أنه قبل توقيع قيم شدة المجال عند النقط المختلفة يجب عمل بعض التصميمات للقراءات الحقلية الناشئة من تأثير حرارة الجو على أجهزة القياس وكذلك من التغير اليومى فى شدة المجال المغناطيسى الأرضى وليس هنا مجال الإفاضة فى شرح هذه التصميمات .

أمثلة لبعض التركيبات الجيولوجية التى يمكن الكشف عنها بهذه الطريقة .

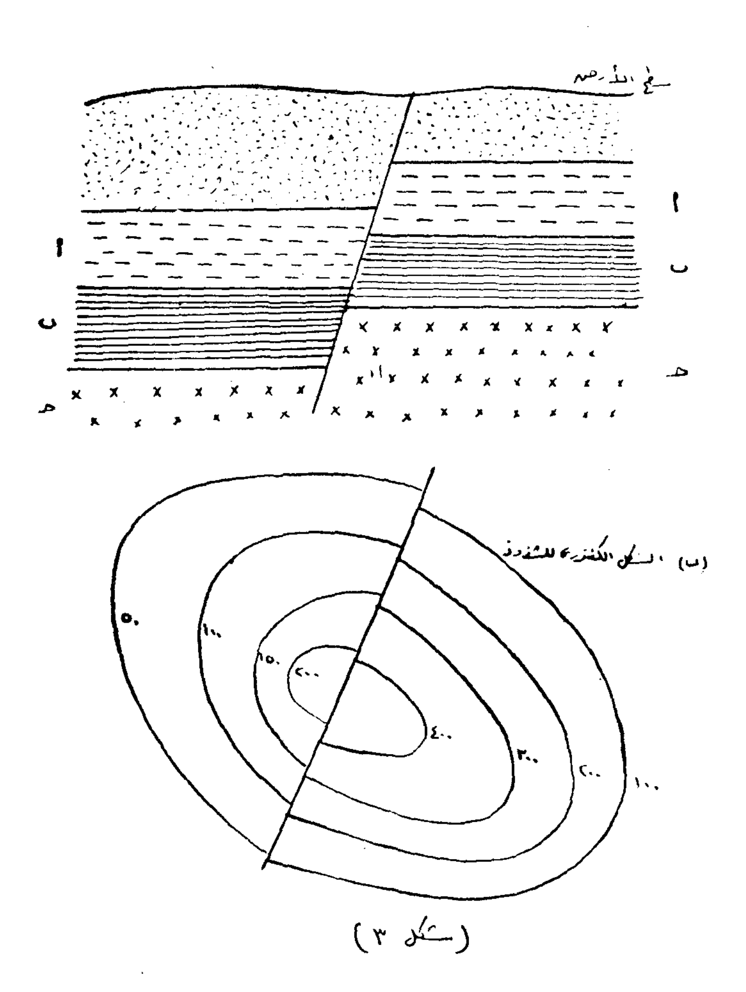
(ا) إذا تواجدت المواد المغناطيسية على هيئة أعمدة أو عروق رأسية تحت السطح . فإنه إذا قيست القوة الرأسية عند السطح فى نقط على استقامة واحدة عبر هذا التكوين يكون منحنى توزيع شدة المجال كالمبين فى شكل (٢) ا وله نهاية عظمى فوق الجسم كما أن المنحنى يكون متماثلا إذا كان الجسم رأسيا . أما إذا كان الجسم مائلا فينعدم هذا التماثل وتظهر أكبر قيمة للمجال فوق أقرب نقطة من الجسم لسطح الأرض .

أما إذا رسمت الخطوط الكنتورية لشدة المجال للمنطقة المحتوية على الجسم المطمور فإن هذه الخطوط تكون على هيئة منحنيات

مقفلة كالمبينة فى شكل (٢)ب حيث تزداد قيمة المنحنى نحو الوسط أى فوق الجسم المغناطيسى .

(ب) الكسور الداخلية (Faults)

تحدث هذه الكسور فى طبقات القشرة الأرضية نتيجة لعدم تجانس درجات الحرارة فى باطن الأرض الأمر الذى ينتج عنه تقلصات فى القشرة الأرضية ، وكذلك تحدث نتيجة للهزات والزلازل الأرضية . ينشأ عن هذا ارتفاع بعض الطبقات الجيولوجية وانزلاق البعض الآخر فوقها — بالنسبة لما يناظر كل منها — عبر مستوى الكسر الذى قد يكون رأسيا أو مائلا . فإذا نظرنا إلى الشكل رقم (٣) ا فإننا نرى انزلاق طبقات القشرة الأرضية اليسرى إلى أسفل وارتفاع نظائر كل منها فى الجهة اليمنى على مستوى الكسر . وبالتالى نجد الطبقة ا مثلا فى الجهة اليمنى قد اقتربت من السطح عن مثيلتها فى الجهة اليسرى . وبالمثل فى باقى الطبقات ب ، حـ ، . . إلخ فإذا كانت الطبقة (ا) مكونة من مواد مغناطيسية فإن شدة المجال المغناطيسى عند السطح تكون قيمته أكبر فى الجهة اليمنى عنه فى الجهة اليسرى . وعلى هذا فمنحنى شدة المجال (البروفيل) عبر الكسر يكون كالمبين فى الشكل . وبالتالى فللكشف


سطح الأرض
أ
ب
حـ
أ
ب
حـ
(ب) الشكل الكنتوري للشذوذ
٥٠
١٠٠
١٥٠
٢٠٠
٤٠٠
٣٠٠
٢٠٠
١٠٠

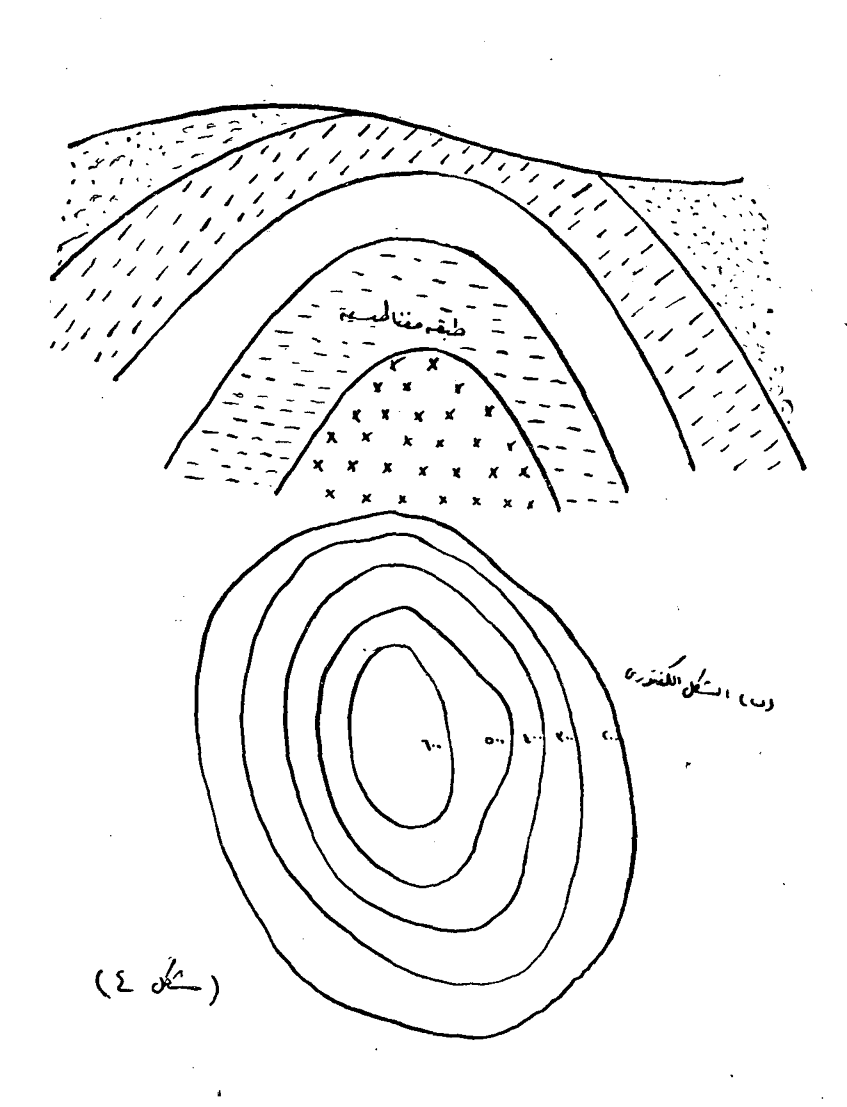
(شكل ٣)

عن مثل هذا الكسر فى الحقل تقاس شدة المجال فى نقط مختلفة على السطح حيث يظهر شكل الشذوذ المغناطيسى السالف الذكر . أما إذا رسمت الخطوط الكنتورية للمنطقة فإنها لا تكون على هيئة منحنيات مقفلة بل تتوقف أنصافها أو أجزاء منها على خط واحد هو مسقط الكسر أو امتداد مستوى الكسر إلى سطح الأرض . كالمبين فى شكل رقم (٣) ب .

والكشف عن مثل هذه الكسور الداخلية من الأهمية بمكان خصوصا فى البحث عن أماكن تجمعات البترول إذ أنها تعتبر من أحسن التكوينات الجيولوجية الملائمة لتجمعات البترول تحت ظروف خاصة ،كما سيجىء فيما بعد .

(حـ) الالتواءات فى الطبقات الداخلية (Foldings)

ليست كل الطبقات الجيولوجية المكونة للقشرة الأرضية مستوية وأفقية إذ أن بها العديد من الالتواءات والانحناءات نتيجة للتضاغطات المستمرة التى تحدث فى باطن الأرض والتى ينشأ عنها تكوين الجبال والوديان وكذلك نتيجة لتقلصات القشرة الأرضية خلال العصور الجيولوجية المختلفة . ينشأ عن هذه الالتواءات اقتراب جزء من الطبقات الصخرية من السطح عند قمة الالتواء عن باقى أجزائها الموجودة فى طرفيه . فإذا



(شكل ٤)

احتوت إحدى هذه الطبقات على مواد مغناطيسية فإنه من المتوقع أن تكون شدة المجال المغناطيسى فوق قمة الالتواء أكبر منها عند طرفيه . ويظهر أثر هذا فى عملية القياس الحقلية على هيئة دوائر كونتورية ذات قيمة أكبر فوق مركز الالتواء . ويحدد مثل هذا الشذوذ شكل وعمق التكوين .

والشكل رقم (٤) ا ورقم (٤) ب يبين منحنيات القياس الحقلية لالتواء چيولوچى محدب إلى الخارج. مثل هذا التكوين الچيولوچى أيضا من التكوينات الملائمة لتجمع خام البترول عند القمة ويكشف عنه بعملية المسح المغناطيسى بشرط وجود إحدى أو بعض الطبقات الچيولوچية المغناطيسية .

الأجهزة الحقلية :

تقاس شدة المجال المغناطيسى فى الحقل بأجهزة تسمى مغناطومترات تعددت أشكالها وأنواعها وبلغت من الحساسية والدقة مبلغا كبيرا يصل إلى ١,٠ من الجاما . وتمتاز الأجهزة الحقلية بأنها خفيفة سهلة الحمل ويمكن تركيبها فى الحقل بسهولة وسرعة اقتصادا فى الوقت ونفقات البحث . وأغلبها يتكون من إبرة مغناطيسية سوداء معلقة بخيط رفيع من الكوارتز

أو تتحرك فوق سن رأسية . وعندما يتغير المجال من نقطة إلى أخرى فإن وضع الإبرة المغناطيسية يتغير ويشاهد هذا خلال تلسكوب صغير مركب فوقها بحيث تُرى حركة الإبرة على تدريج ثابت صغير بالتلسكوب ، والأشكال رقم (٥) ، (٦) ، تبين بعض المغناطومترات الحديثة المستخدمة على نطاق واسع .

وجدير بالذكر الإشارة إلى أن مرصد حلوان لديه وحدة كاملة من أجهزة القياس الحقليـة الحديثة لقياس العناصر المغناطيسية للمجال الأرضى ، بجانب ما لديه من أجهزة مرصدية قياسية . وقد بدأ المرصد فى عملية مسح مغناطيسى شامل لجميع أنحاء الجمهورية العربية المتحدة فى نقط تبعد الواحدة عن الأخرى بمسافة تتراوح بين ٥ ، ٢٠ كيلومترا موزعة توزيعا منتظما على جميع أنحاء البلاد ، وذلك تمهيدا لرسم الخرائط المغناطيسية الأساسية للجمهورية . من هذه الخرائط يستدل على أماكن الشذوذ المغناطيسى على نطاق واسع يمكن منها عمل مسح حقلى أدق فى تلك الأماكن لتحديد مواقع تجمعات أكاسيد الحديد . ولأهمية هذه العملية من الناحيتين العلمية والاقتصادية أدخل المشروع ضمن مشروعات الخطة العلمية التى تتولاها وزارة البحث العلمى والمجلس الأعلى للعلوم .

كذلك لدى مصلحة الأبحاث الجيولوجية والتعدينية بوزارة الصناعة عدة وحدات للكشف المغناطيسى عن خامات الحديد فى مناطق ساحل البحر الأحمر والصحراء الشرقية والواحات .

المسح المغناطيسى من الجو :

بتطور أجهزة الكشف المغناطيسى منذ أواخر الحرب العالمية الأخيرة أصبحت عملية المسح المغناطيسى لا تقتصر على قياس شدة المجال المغناطيسى والاختلاف فيه عند سطح الأرض ، بل أمكن استخدام الطريقة المغناطيسية للتنقيب عن المعادن من الجو بواسطة الطائرات .

وثمة فوائد كبيرة لهذه الطريقة منها :

١ — سرعة إنجاز القياسات الحقلية فى وقت أقصر كثيراً منه على سطح الأرض مما يقلل من نفقات البحث .

٢ — يمكن بهذه الطريقة التنقيب على الخامات فى الأماكن التى يتعذر الوصول إليها والتجول فيها مثل الغابات والصحارى والمستنقعات .

٣ — من المعروف أنه كلما بعدنا عن مصدر مغناطيسى ، تناقصت شدة المجال الناشئ منه ، إذ تتوقف شدة المجال على

بعد المصدر فتتناسب عكسيا على مربع المسافة . وبالتالى كلما ارتفعنا عن سطح الأرض يقل ويكاد ينعدم تأثير بعض المواد المغناطيسية الضعيفة القليلة النفع والتى ليس لها أهمية اقتصادية كبيرة . وهذه تحدث تباينا ملحوظا وتداخلا مع تأثير الخامات الأكثر أهمية عند قياس شدة المجال على السطح ، مما قد يضيع معه استنتاج أماكن تجمعات الخامات ذات القيمة الاستغلالية والاقتصادية . مثل هذا التباين ينعدم تماما فى القياسات الجوية حيث لا يبقى سوى تأثير المواد الأكثر أهمية ، ولهذا يقل الجهد والنفقات فى استكشافها .

وقد بدىء فى التفكير فى استخدام القياسات المغناطيسية من الجو خلال الحرب العالمية الأخيرة للبحث عن الغواصات تحت سطح الماء بقياس مايحدثه هيكلها الحديدى الكبير من مجالات مغناطيسية فى منطقتها . ثم طورت نفس الطريقة بعد الحرب لتلائم طرق الكشف عن الخامات المغناطيسية ، واستحدثت الأجهزة الحساسة التى تستخدم الآن على نطاق واسع فى الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتى وكندا واستراليا .

وتختلف أجهزة القياس المستخدمة من الجو عن مثيلاتها الحقلية ، لأن المغناطو مترات العادية لا يمكن استخدامها من

سطح متحرك مثل الطائرة ، إذ لا بد من تثبيتها تماما عند مكان القياس نظرا لما تحويه هذه الأجهزة من إبرة مغناطيسية تدور على سن رأسية فى مركزها أو معلقة تعليقا حرا بخيط تعليق رقيع . لهذا طورت بعض الأجهزة لتلائم استخدامها فى الطائرات منها ما يعرف باسم Fluxjate Majnetometer و بلغت حساسيتها إلى ما يقرب من ١ جاما. وليس هنا مجال الإفاضة فى شرح مثل هذه الأجهزة .

وتتم عملية المسح الجوى هذه بتسجيل مستمر للتغيرات فى شدة المجال المغناطيسى خلال الطيران ، وذلك على أجهزة تسجيل خاصة متصلة بأجهزة القياس المركبة فى الطائرة و نظرا لسرعة العملية نفسها ودقتها فإنها تحتاج إلى إخصائيين مدربين فى فروع الفيزياء والالكترونيات وكذلك إلى طيارين متمرنين على الطيران المنخفض نسبيا عن معدل الطيران العادى المعروف.

ولابد من توافر شروط معينة لهذه العملية :

١ — أن تكون الطائرة صغيرة نسبيا (ذات محركين) أو من نوع الهليكوبتر تكفى لحمل ثلاثة أشخاص بأجهزتهم .

٢ — يجب على الطيار أن يكون متمكنا من التحليق بطائرته على ارتفاع منخفض ، يتراوح بين نصف كيلومتر وكيلومتر على

الأكثر حسب الحالة ، وهذا الارتفاع يجب أن يكون ثابتا خلال مدة الطيران . وهذا له أهمية كبرى بالنسبة لتغير شدة المجال المغناطيسى بالارتفاع بصرف النظر عن وجود شذوذ أو اختلافات مغناطيسية أم لا .

٣ — يجب أن تكون الطائرة قادرة على الإقلاع وعلى الهبوط من مسافات صغيرة حتى يمكن إجراء العمليات من مساحات وحقول محدودة .

ويشمل طاقم الطائرة من الأفراد: قائد الطائرة — الملاح — الإخصائى الجيوفيزيقى، أما المعدات فتحتوى على المغناطو مترات الجوية ، أجهزة تصوير فتوغرافى من الجو ، أجهزة تسجيل المجال المغناطيسى تسجيلا مستمراً وبنفس سرعة التصوير الفوتوغرافى خلال مدة الطيران .

وتتلخص خطوات العملية فيما يلى :

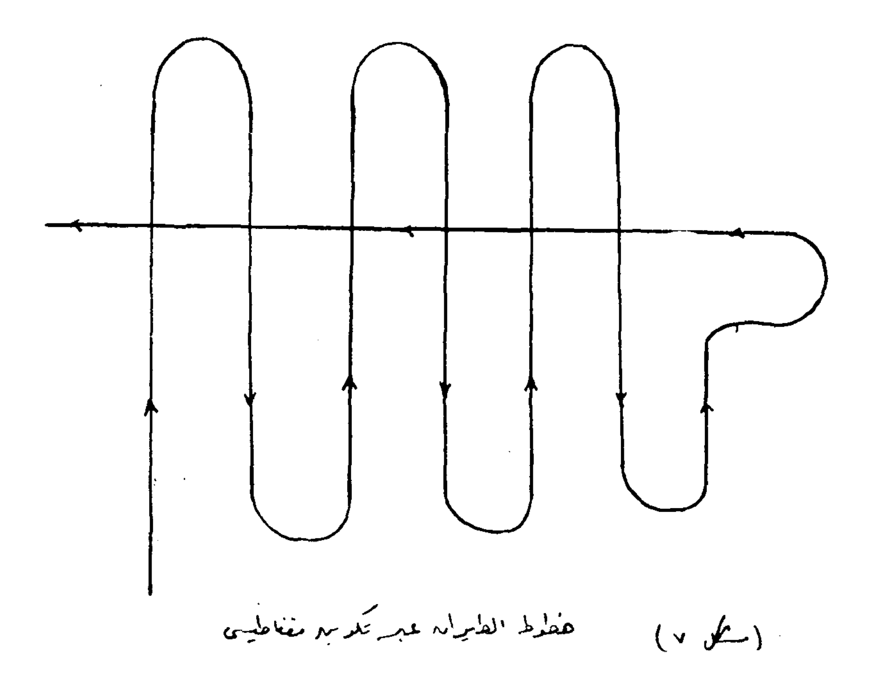
١ — ترسم الخطة اللازمة للعملية قبل الصعود فى الجو وتحدد على الخرائط المساحية خطوط سير الطائرة بحيث تكون فى خطوط متوازية ، يبعد الواحد عن الآخر بمسافة حوالى من ٣٠٠ إلى ٥٠٠ متر تبعاً لاختلاف شدة المجال المتوقعة .

٢ — يتولى الطيار قيادة الطائرة والتحليق بها على الارتفاع المحدد من قبل وعلى خطوط السير المرسومة ويعمل الملاح على توجيهه للطيران على تلك الخطوط .

٣ — خلال الطيران يتولى الجيوفيزيقى التشغيل والإشراف على أجهزة القياس المغناطيسية المسجلة وعلى كاميرات التصوير الفوتوغرافية التى تدور بنفس سرعة دوران أشرطة التسجيلات المغناطيسية حتى يمكن مضاهاة النتائج على مايناظرها من الأماكن الموجودة على الأرض من واقع تسجيلاتها الفوتوغرافية .

٤ — علاوة على ذلك وفوق الأماكن التى يمكن التعرف عليها من الجو مثل مآذن المساجد وقباب الكنائس أو فوق الكبارى والمنشآت المعروفة ، يحدث الملاح بواسطة أزرار كهربية خاصة علامات ذات أرقام مسلسلة على أوراق كل من التسجيلات المغناطيسية والفوتوغرافية فى نفس الوقت ، ويدون هذه الأماكن وأرقامها أولا بأول فى مفكرته . وبذلك يتم مضاهاة التسجيلات بصورة أدق .

٥ — فى جميع الأحوال لابد من الطيران فى خط أو خطين عموديين على الخطوط المتوازية السالفة الذكر وذلك للتخلص



(شكل ٧) خطوط الطيران عبر تدريب مغناطيسي

فيما بعد من تغير المجال المغناطيسى بالنسبة للزمن حتى يمكن تحليل النتائج تحليلا سليما باستبعاد التغير الزمنى فى المجالات المغناطيسية المسجلة . وتكون خطوط الطيران كالمبينة فى شكل (٧) .

٦ — عند الانتهاء من العمليات الجوية ، وفى مكتب تحليل النتائج ، ترسم خطوط الطيران على خرائط مساحية ذات مقياس رسم مناسب ، ويستعان فى هذا على التسجيلات الفوتوغرافية وعلى العلامات الموجودة فيها . ثم توقع على كل نقطة من نقط خطوط الطيران قيم المجال المغناطيسى المناظرة من واقع التسجيلات المغناطيسية بعد تصحيحها بالنسبة للتغير الزمنى فيها .

٧ — بعد ذلك ترسم الخطوط الكونتورية كالمعتاد فى حالات القياسات السطحية ، وتحلل هذه النتائج لتحديد أماكن تجمعات الخامات وكذلك أعماقها إن أمكن .

ونظراً لتأثير أجزاء الطائرة المعدنية على أجهزة القياس المغناطيسية فإن المغناطومتر الجوى يدلى بكابل متين من الطائرة ويكون على بعد مناسب من ذيلها حتى لا يتأثر بالأجزاء المغناطيسية فيها كما هو مبين فى شكل (٨) .

طريقة الجاذبية

الجاذبية :

من الملاحظ فى حياتنا اليومية العادية أنه إذا تركنا أى جسم من أيدينا فإنه يسقط إلى أسفل ليقع على الأرض ولا يظل معلقاً فى الهواء . وهو يسقط تحت تأثير جاذبية الأرض عليه ونفس هذه القوة هى التى نشعر بها كثقل الأجسام وهى فى أيدينا ، والتى تختلف باختلاف ما تحويه الأجسام من مادة أو مايسمى بكتلتها والتى تتوقف على الحجم والكثافة .
(الكتلة = الحجم × الكثافة) .

وسقوط الأجسام إلى الأرض ، إذا تركت بدون عائق أمامها ، يحدث وفقاً لقانون محدد ثابت يسمى قانون الجاذبية العام الذى وضعه العالم الفيزيائى الرياضى نيوتن (Newton) وفى صورته العامة ينص على أن « جميع الأجسام تتجاذب فيما بينها بقوة تتناسب طرديا مع كتلتها وعكسياً مع مربع المسافة بينها » .

معنى هذا أننا إذا قربنا أى جسمين من بعضهما البعض فإننا

نتوقع أن ينجذب كل منهما نحو الآخر حتى يصطدما ببعض. لكن هذا لايحدث إطلاقاً نظراً لوجود قوة أخرى تؤثر على كل منهما وهى قوة جاذبية الأرض عليهما. إذ أن الأرض بالنسبة لأى جسم تعتبر الجسم الثانى الذى يتحكم قانون الجاذبية العام فى قوة التجاذب بينهما. وفى هذه الحالة تعتبر المسافة بين الجسم وبين الأرض هى المسافة بينه وبين مركز الأرض على اعتبار أن كتلة الأرض متجمعة فى مركزها. ونظراً لأن كتلة الأرض كبيرة جداً بالنسبة لأى جسم آخر فإن قوة الجاذبية الأرضية على كل من الجسمين السالفى الذكر تفوق كثيراً ما ينشأ بينهما من قوة التجاذب، وبالتالى يقع الجسمان على الأرض ولا يتجاذبان.

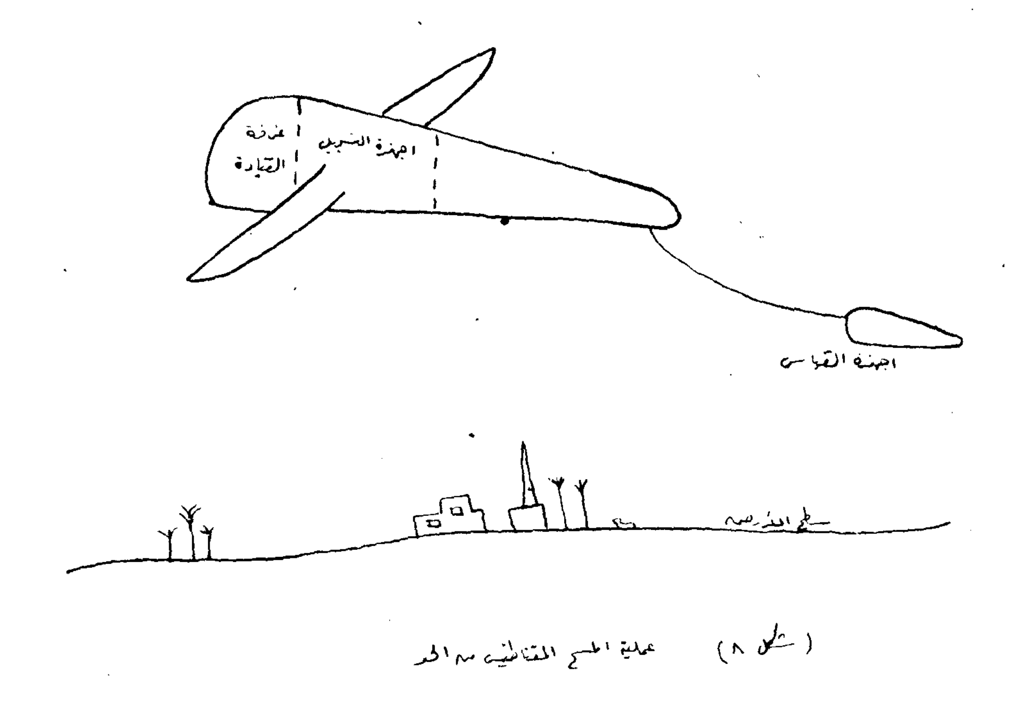
وليست حركة الكواكب المنتظمة، ومنها كوكبنا الأرض، حول الشمس سوى نوع من التوازن بين قوة جذب الشمس بكتلتها الهائلة لهذه الكواكب، وفقاً لهذا القانون، وبين قوة أخرى ناشئة من دورانها حول الشمس وتسمى القوة الطاردة المركزية. وتتوقف هذه القوة الطاردة المركزية على سرعة دوران الكوكب حول الشمس. وإذا حدث أن قلت سرعة الدوران هذه، تقل القوة الطاردة المركزية وبذلك تصبح قوة

التجاذب الموازنة أكبر من القوة الطاردة المركزية فيهوى الكوكب سريعا فى اتجاه الشمس ليلتصق بها .

الأرض إذن تجذب جميع الأجسام إليها بقوة جاذبيتها ، التى تتوقف بجانب كتلتها على بعد الجسم من مركز الأرض . ونظراً لأن أرضنا ليست كاملة الكروية ، بل هى مفرطحة عند قطبيها ومنبعجة عند خط الاستواء ، فإن نصف قطرها القطبي أقل من نصف قطرها الاستوائى بحوالى ٥٠ من الكيلو مترات .

وعلى هذا فإن قوة الجاذبية الأرضية على سطحها عند القطبين أكبر منها عند خط الاستواء وفيما بينهما يتوقف مقدار الجاذبية الأرضية على خط عرض المكان فتزداد تدريجاً من قيمتها عند خط الاستواء لتبلغ نهايتها القصوى عند القطبين .

وطبيعى يمكن على هذا الأساس افتراض أن عملية الجاذبية فى أى منطقة صغيرة محدودة تكون واحدة فى جميع أجزائها . وهذا صحيح إذا اعتبرنا أن الأرض مكونة من مواد وصخور متجانسة فى جميع طبقاتها وفى جميع أنحائها . لكن الحقيقة غير ذلك ، فقد بيّنا أن القشرة الأرضية وماتحتها تتكون من تكوينات جيولوجية غير متجانسة وتختلف فيما بينها فى كثافتها ، هذا بالإضافة إلى ما بداخل القشرة الأرضية من تضاريس



شكل (٨) عملية المسح المغناطيسي من الجو

والتواءات . ينتج من هذا التباين والاختلاف فى الكثافة لصخور القشرة المختلفة أن تختلف قيمة الجاذبية الأرضية عند سطح الأرض اختلافاً طفيفاً من نقطة إلى أخرى فى أى مساحة محدودة وذلك بالنسبة لكثافة ما تحتها من صخور ، فهى تزداد عن معدلها فى المنطقة إذا كانت الكثافة كبيرة وتقل إذا قلت الكثافة .

وكما رأينا فى حالة المسح المغناطيسى ، يمكن بقياس عجلة الجاذبية فى نقط مختلفة على السطح التعرف على أماكن الالتواءات الداخلية حيث تكون شدة الجاذبية أكبر ما يمكن فوق قمة التكوين الجيولوجى نتيجة لاقتراب الطبقات الجيولوجية الأقدم والأكثر كثافة من السطح عند قمة الالتواء . وكذلك الحال فى الكسور الداخلية حيث تزداد شدة الجاذبية فوق الجهة التى تقترب طبقاتها من السطح نتيجة انزلاق الطبقات الصخرية فوق مستوى الكسر .

ونظرا لضآلة هذه الاختلافات فى عملية الجاذبية فإنها تقاس بوحدة تسمى ملليجال (Milligol) وتساوى $\frac{1}{1000}$ من وحدة القياس العادية لعجلة الجاذبية وهى الداين = ١ سم / ثانية/ثانية [متوسط عملية الجاذبية الأرضية = ٩٨٠ داين تقريبا] .

وتقاس الاختلافات الحقلية لعجلة الجاذبية بأجهزة حساسة تسمى جراڤيمتر (Grovimeter) بلغ من دقتها أن باستطاعة بعضها قياس ١/١٠٠ من المليجال. وتختلف أنواعها وأشكالها وتصميماتها، وهى بوجه عام سهلة الحمل فى الحقل ويماثل بعضها حجم وعاء الترموس الكبير، إذ يزن بضعة كيلو جرامات فقط ولا يستغرق أخذ القراءات، كل نقطة سوى بضع دقائق. والأجهزة الحديثة الشائعة الاستعمال الآن. منها جهاز ووردن جراڤيمتر الأمريكى (Worden Grovimeter) المبين فى شكل (٩) وأسكانيا جراڤيمتر الألماني(Askania gravimeter) المبين فى شكل (١٠)..

وهى تتركب من ميزان زنبركى حساس جدا مصنوع من الكوارتز — ذى معامل التمدد الحرارى الصغير — حتى لاتتأثر أطواله باختلاف درجات الحرارة. ولزيادة حفظ الحرارة ثابتة داخل الجهاز يوضع بداخل وعائين معدنيين بينهما هواء كعازل للحرارة الخارجية. ويتصل الميزان خلال أجزاء ميكانيكية أو الكترونية بمؤشر أمام تدريج معاير من قبل لتدل قراءته مباشرة على التغير فى عجلة الجاذبية من مكان لآخر.

وتستخدم بعض الأجهزة من داخل سيارة المسح الحقلى

بجانب الراصد الذى يباشر مهمته وهو جالس فى مكانه حتى يقل الوقت وتكاليف التنقيب .

وتجرى التجارب الآن لاستخدام مثل هذه الأجهزة بالطائرات للقياس من الجو لميزات العمليات الجوية ، مع بعض التعديلات التى لابد منها فى تصميم الجهاز ليلائم حركة الطائرة ، وتسجيل القراءات على أجهزة مسجلة خاصة خلال مدة الطيران وفى هذه الحالة أيضا كما فى عملية المسح المغناطيسى الجوى لابد أن يكون الطيران على ارتفاع ثابت خلال العملية ، لتلافى اختلاف قيمة عجلة الجاذبية باختلاف الارتفاع . وبالتالى تُظهر الاختلافات فى التسجيلات شكل التكوينات الجيولوجية المكونة للقشرة الأرضية .

وفى هذه العملية ترسم الخرائط الكنتورية بعد تصميمات الارتفاع من سطح الأرض وتأثير التضاريس السطحية الموجودة بمنطقة الاستكشاف ومن هذه الخرائط يستدل على مناطق الشذوذ فيها والتى إذا توافرت عوامل جيولوجية خاصة يمكن الاستدلال على أماكن تجمعات المعادن بوجه عام لثقلها النسبي عن باقى الصخور . كما تستخدم هذه الطريقة بنجاح فى الكشف عن البترول وتحديد أعماقه تحت السطح .

الطريقة السيسمية

هذه الطريقة من أهم الطرق الجيوفيزيقية المستخدمة بنجاح فى التنقيب عن البترول لما لها من القدرة ليس فقط على تحديد أماكن تجمعات البترول وبعض المعادن بل يمكن بواسطتها تحديد أعماق الطبقات الحاملة للخامات المراد التنقيب عنها مما يسهل كثيرا عملية استخراجها .

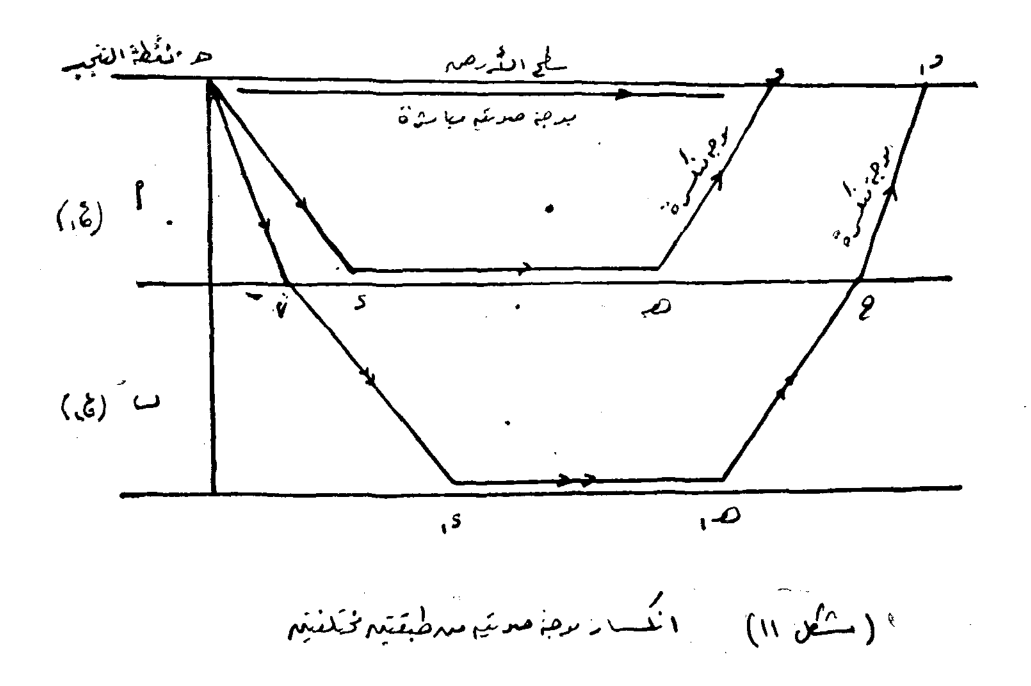
وقبل شرح هذه الطريقة لا بد من تفسير بعض الظواهر التى نشاهدها فى حياتنا اليومية . فكلنا يعلم أنه إذا أطلق مدفع بحيث يمكن مشاهدته عن بعد فإننا نرى أولا لهب الإطلاق ثم بعد فترة قصيرة نسمع صوت المدفع . ويرجع هذا الفرق الزمنى بين لحظة الإطلاق ولحظة سماع صوت المدفع إلى أن كلا من ضوء المدفع وصوته ينتشر من المصدر على هيئة موجات بسرعتين مختلفتين فى الهواء . فسرعة الضوء تفوق كثيراً سرعة الصوت وبالتالى تأخذ الأمواج الصوتية الصادرة من المدفع زمناً أكبر قبل الوصول إلى أذن السامع . وكلما بعد المصدر الصوتى عن مكان سماعه كلما زاد الزمن اللازم للأمواج الصوتية الصادرة منه لوصولها إلى السامع .

وثمة مثل آخر من أمثلة انتشار الصوت هو ما يعرف بظاهرة الصدى ، فإننا إذا كنا فى العراء بالقرب من سفح جبل وأحدثنا صوتا ما فإننا بعد فترة نسمع تكراراً لما صدر منا من أصوات . وتفسير هذا أن الصوت عند انتشاره فى الهواء واصطدامه بالجبل ينعكس منه ليرجع إلينا مرة أخرى بعد زمن قصير ، تماما مثل انعكاس الضوء من سطح عاكس .

ومن خواص الأمواج الصوتية الأخرى المماثلة لخواص الأمواج الضوئية ظاهرة الانكسار . فإنه مثلما تعانى الأشعة الضوئية انكساراً عند نفاذها من وسط لآخر لأن الأمواج الصوتية تحيد عن طريقها المستقيم الذى تنتشر فيه فى وسط ما عند نفاذها إلى وسط آخر لتنتشر فى خط آخر . ويتوقف نوع ومدى الانكسار على كثافة وطبيعة الأوساط التى تنفذ فيها .

وكما أن الصوت ينتشر فى الهواء بسرعة معينة فإنه ينتشر فى المواد الصلبة والسائلة بسرعات مختلفة تتوقف على نوع الوسط الذى ينتقل خلاله . أى أنه يمكن أن ينتشر خلال صخور وطبقات القشرة الأرضية بسرعات تختلف باختلاف طبيعة الصخور .

والآن لنتصور مصدراً صوتياً ناشئاً من انفجار كمية من



شكل (١١) انكسار موجة صوتية من طبقتين مختلفتين

الديناميت موضوعة فى حفرة بالقرب من سطح الأرض ولتكن ممثلة بالنقطة حـ — شكل رقم ١١ — ينشأ عن هذا التفجير انطلاق موجات صوتية تنتشر من النقطة حـ فى جميع الاتجاهات بسرعة معينة تتوقف على كثافة وطبيعة الطبقة الصخرية العليا ا التى بدأت فى الانتشار فيها . فإذا صادفت هذه الموجات طبقة أخرى مثل ب تختلف عن الأولى فى خواصها فإنها تعانى انكساراً عن مسارها الأول عند السطح الفاصل بين الطبقتين . ونظراً لازدياد كثافة الطبقات الصخرية كلما زاد عمقها من السطح — بالنسبة لازدياد ثقل الطبقات التى فوقها مما يجعلها أكثر صلابة — فإن انكسار الموجات الصوتية عند نفاذها إلى الطبقة ب يتجه إلى الخارج وفقاً لقوانين معينة . فالشعاع حـ ه ينكسر فى الاتجاه ه ى ا وبالمثل باقى الأشعة الصادرة من النقطة حـ . وثمة شعاع منها هو حـ ى ينكسر فى الاتجاه ى هـ موازيا للسطح الفاصل بين الطبقتين . وهذا يعانى انكساراً مرة أخرى إلى أعلى لينفذ خلال الطبقة العليا ا فى الاتجاه هـ و وبالتالى يصل إلى السطح ثانية عند النقطة و بعيدا عن مكان التفجير حـ بعد فترة زمنية من بدء لحظة التفجير . وبالمثل لبعض الأشعة الأخرى التى ترتد ثانية إلى السطح ، بعد أن تعانى عدة

انكسارات خلال الطبقات المختلفة ، عند النقط و و ا ... إلخ . وبوضع أجهزة التقاط حساسة أشبه بالسماعات تسمى Geophones على استقامة واحدة مع نقطة التفجير على سطح الأرض عند هذه النقط فإن كلا منها يسجل لحظة وصول الموجات الواصلة إليها سواء المباشرة الواصلة إليها موازية للسطح مباشرة بدون انكسار أو المرتدة إليها بعد انكسارها من السطوح الفاصلة بين الطبقات الصخرية المختلفة . ويظهر أثر هذه الموجات على أجهزة الالتقاط على هيئة اهتزازات طفيفة جداً ، ومن ثم تتصل هذه الأجهزة بمكبرات الكترونية لتنقل الاهتزازات إلى جهاز تسجيل حيث تسجل على أوراق خاصة جميع اهتزازات أجهزة الالتقاط جنباً إلى جنب ، وكذلك لحظات وصول الموجات إلى كل منها .

وبمقارنة الزمن الذى سيقضى بين لحظة التفجير ولحظة وصول كل موجة إلى كل نقطة مع معرفة المسافة بين نقطة التفجير ومواضع أجهزة الالتقاط ، يمكن بعمليات حسابية تحديد سمك الطبقات التى يخترقها وتنفذ فيها موجات الانفجار الصوتية ، كل على حدة . ومع الإلمام ببعض الظروف الجيولوجية الملائمة لتكوين خام البترول أو بعض الخامات الأخرى فى طبقة ما فإنه

يمكن تحديد أماكن تجمعات هذه الخامات وأعماقها بواسطة هذه الطريقة قبل التنقيب عنها مما يقلل كثيراً من نفقات البحث والتنقيب.

وبديهى أنه كلما زادت قوة التفجير كلما زاد العمق الذى يمكن للموجات الصوتية أن تنتشر فيه وبالتالى تتسع مساحة منطقة التنقيب لتشمل عدة كيلومترات مربعة وتتراوح كمية المواد المفجرة التى تستخدم فى هذه الطريقة بين بضعة كيلو جرامات وقد تصل فى بعض الأحيان إلى عشرات الكيلوجرامات.

ويجب الدقة المتناهية فى حساب الأزمنة التى تنقضى بين لحظة التفجير وبين لحظة الوصول إلى نقط الالتقاط على السطح، إذ أنها لاتتجاوز أجزاء صغيرة من الثانية أو بضع ثوان على الأكثر وعلى هذا يقاس الزمن فى هذه الحالة بدقة تصل إلى جزء من ألف من الثانية بواسطة أجهزة خاصة تسجل تلقائيا الأزمنة المختلفة على أوراق التسجيل.

ولزيادة قوة التفجير والاستفادة منها إلى أقصى حد، تحفر حفرة على عمق صغير من السطح لتوضع فيها المادة المفجرة ثم تغطى بطبقة من الطمى حتى تمنع انتشار بعض موجات التفجير إلى أعلى فى الهواء. ولهذه فائدة أخرى إذ يتخلص بذلك

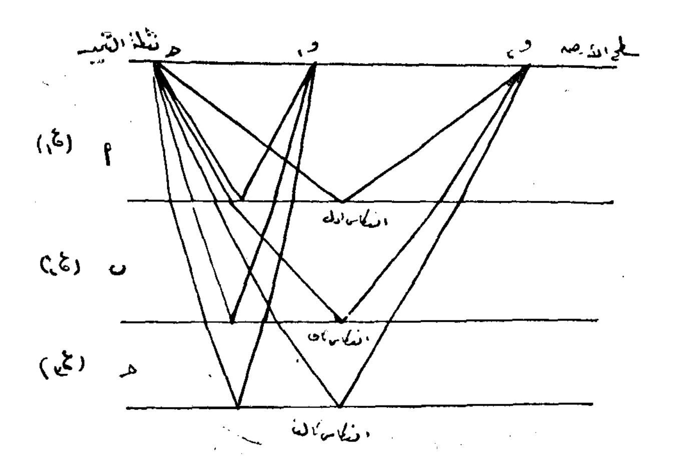
من تأثير الطبقة الترابية الرقيقة الموجودة عند السطح والتى تحدث تداخلا لا مبرر له مع تأثير باقى الطبقات الجيولوجية .

وهناك طريقة أخـــرى تستخدم أيضا على نطاق واسع فى التنقيب تسمى طريقة الانعكاس . إذ بجانب انكسار موجات الصوت الناشئة من التفجير خلال الطبقات المختلفة فإن بعضا منها ينعكس من السطوح الفاصلة بين الطبقات وترتد هذه الموجات من كل طبقة تصل إليها وتصل إلى السطح لتسجل عند النقط و و١ و٢ — كما هو مبين بالشكل رقم ١٢ — وفى هذه الحالة يتماثل الشعاع الساقط على السطح الفاصل بين كل طبقتين مع الشعاع المنعكس منه. وبمعرفة البعد بين ح و١، ح و٢ والزمن المنقضى بين لحظة التفجير ولحظة الوصول إلى كل من و١، و٢ يمكن حساب سمك كل طبقة على حدة . وليس هنا مجال شرح طريقة حساب النتائج المعقدة للحصول على المعلومات المطلوبة .

وتتكون الوحدة السيسمية المستخدمة فى الحقل من :

ا — سيارة بها حفارة لعمل حفر للمتفجرات فى مكان التنقيب يصاحبها أجهزة التفجير .

ب — سيارة معدة إعدادا خاصا لتحوى أجهزة التسجيل والمكبرات الألكترونية .

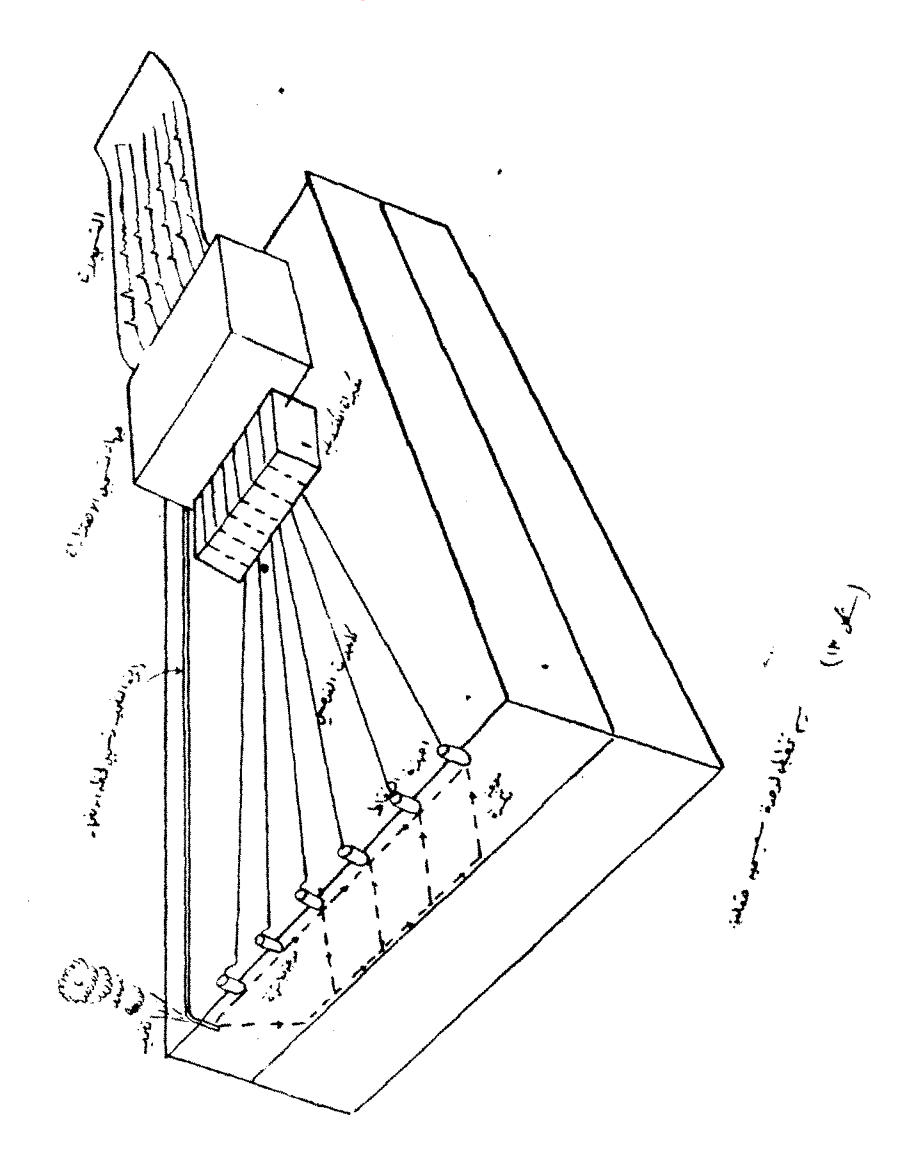


(شكل ١٣) انعكاس الموجات الصوتية من طبقات مختلفة

حـ — أجهزة التقاط (سماعات) والكابلات الكهربية التى تصل بينها و بين سيارة التسجيل .

كما يتكون طاقم الوحدة من جيوفيزيقى إخصائى للإشراف على عمل جميع الأجهزة مع بعض المساعدين الفنيين ، ومن مساعدين لأعمال الحفر ومد الكابلات ووضع السماعات فى النقط المختلفة و لعمليات التفجير نفسها .

والشكل رقم ١٣ يبين نموذجا لوحدة سيسمية بأجهزتها المختلفة .



الطريقة الكهربية

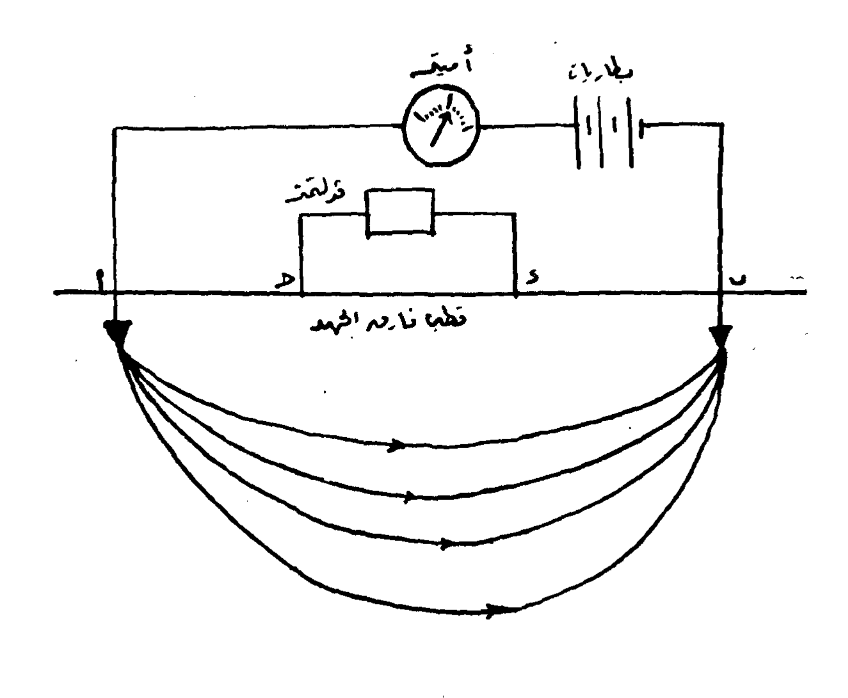
Electric Method

وهذه الطريقة تستخدم على نطاق واسع وبنجاح فى التنقيب عن مصادر المياه الجوفية فى الصحارى حيث يعز الماء وتصبح الحاجة إليه شديدة ، كما تستخدم فى الكشف عن خامات الفلزات المعدنية مثل النحاس والرصاص والزنك .

من المبادىء الأولية المعروفة أنه إذا وصل بين طرفى بطارية كهربية أو مصدر كهربى بسلك فإن التيار الكهربى يسرى خلال السلك من القطب الموجب للبطارية إلى القطب السالب . وتتوقف شدة سريان التيار الكهربى على نوع مادة السلك . فإذا كانت مادته جيدة التوصيل فإن شدة التيار تكون كبيرة ، وبالعكس إذا كان ردىء التوصيل فإن التيار يلقى ممانعة أو مقاومة تقلل من شدة سريانه فيكون ضعيفا . وتختلف المواد فى شدة توصيلها الكهربى تبعا لنوعها أو خواصها الكهربية ، فالمعادن مثلا جيدة التوصيل للكهرباء مثال ذلك النحاس والحديد والرصاص والفضة .

وكما تسرى الكهرباء خلال المداد فإنها تسرى خلال الصخور والطبقات الجيولوجية ولكن بدرجة ضعيفة نظراً للمقاومة الكهربية الكبيرة لأغلب الصخور مثل الحجر الجيرى والرمل الجاف . ويختلف سريان الكهرباء خلال صخور القشرة الأرضية باختلاف مقاومتها الكهربية (انظر الجدول رقم ٢) على هذا تتلخص الطريقة الكهربية فى إمرار تيار كهربى خلال قطبين كهربيين مثبتين إلى عمق قليل داخل سطح الأرض ، فيسرى التيار من أحد القطبين (القطب الموجب) إلى القطب الآخر (السالب) مخترقاً طبقات القشرة الأرضية . وتختلف شدة سريانه خلال الطبقات تبعاً لشدة توصيلها أو مقاومتها الكهربية . فالصخور المحتوية على خامات المعادن تكون مقاومتها الكهربية صغيرة وبالتالى تكون شدة التيار المار فيها أكبر منه خلال الصخور ذات المقاومة الكهربية العالية . ويقاس تأثير الطبقات الصخرية المار فيها التيار الكهربى بقياس ما يتولد عنه من فارق الجهد الكهربى بين نقطتين على السطح وذلك بواسطة جهاز ڤولتمتر حساس جداً ، نظراً لضآلة مثل هذا الجهد بوجه عام . ومن ثم يمكن حساب المقاومة الكهربية لكل طبقة .

على هذا تتكون أجهزة هذه الطريقة من مولد للتيار



(شكل ١٤)

الكهربى متصل بقطبين كهربيين مثبتين عند السطح ومعهما جهاز اميتر لقياس شدة التيار المستخدم ، ومن قطبين آخرين مثبتين عند السطح أيضاً ومتصلين بفولتمتر حساس لقياس فارق الجهد الناشىء من مرور التيار داخل الطبقات الصخرية . والشكل رقم ١٤ يبين رسما تخطيطياً لهذه المجموعة .

وكلما بعدت المسافة بين القطبين الكهربيين المار فيهما التيار ، كلما زاد العمق الذى يصل إليه التيار الكهربى وبالتالى يزداد عدد الطبقات التى يمكن قياس مقاومتها الكهربية . وفى هذه الحالة لابد من زيادة شدته حتى يمكن قياس تأثيره عند السطح .

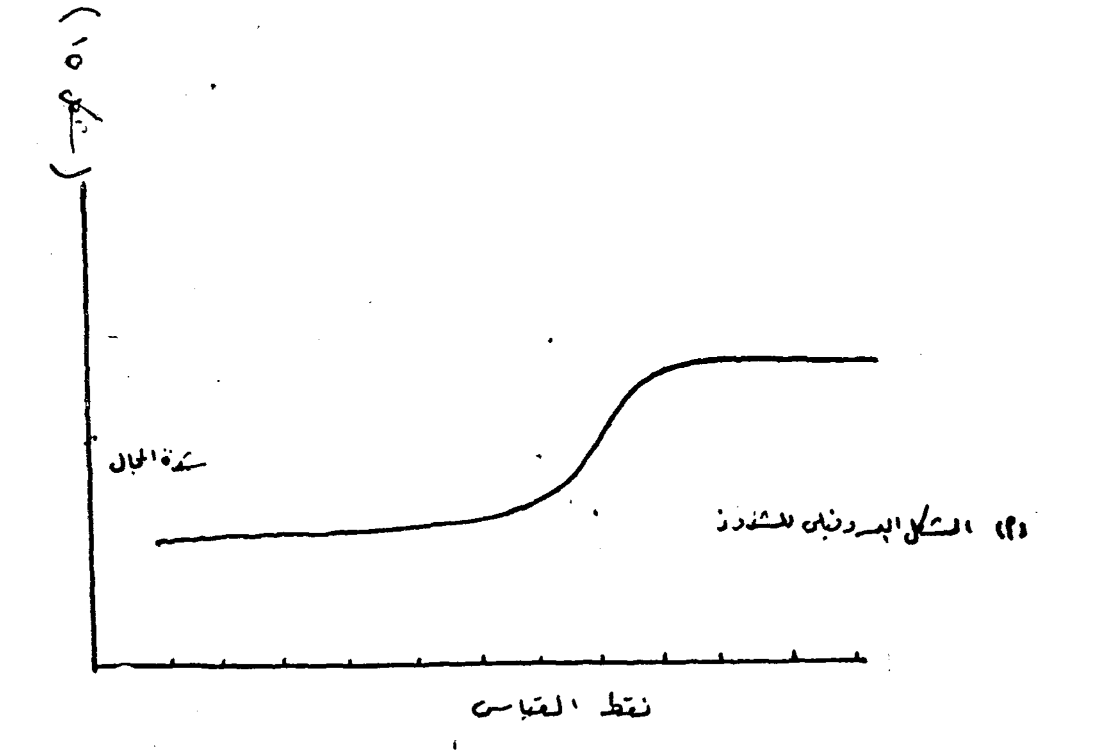
وقد تعددت الطرق المستخدمة فى عمليات المسح الحقلى الكهربى منها :

(١) بتثبيت المسافة بين الأقطاب الكهربية الأربعة المستخدمة — والتى تكون على أبعاد متساوية فيما بينها — ونقل المجموعة بكاملها من مكان إلى آخر على استقامة واحدة مع قياس فارق الجهد الكهربى الناشىء فى كل مكان وحساب المقاومة الكهربية فيه ، هذا مع الاحتفاظ بشدة التيار الكهربى المستخدم ثابتة . وعند إتمام عملية المسح الكهربى فى المنطقة المراد التنقيب فيها . توقع عند كل نقطة قياس قيمة المقاومة

الكهربية على خريطة للمنطقة . ومن ثم ترسم الخطوط الكنتورية للمقاومة المارة بالنقط ذات المقاومات الكهربية المتساوية ومنها تظهر المناطق ذات التوصيل الكهربى الجيد أى ذات المقاومة الكهربية المنخفضة وكذلك مناطق المقاومات العالية .

(ب) وفى طريقة أخرى تكون جميع القياسات فوق نقطة ثابتة — هى منتصف مجموعة الأقطاب الأربعة — ويزاد البعد بين الأقطاب تدريجاً ، مع بقاء المسافات بينها متساوية فى كل حالة . وفى كل مرة يقاس فارق الجهد ، الذى يختلف تبعاً لزيادة العمق الذى يصل إليه التيار الكهربى باتساع المسافة بين الأقطاب . ومن هذا يمكن حساب المقاومات الكهربية للطبقات المختلفة وكذلك عمق كل منها من سطح الأرض .

(حـ) وقد أمكن حديثاً استخدام الطريقة الأولى داخل الآبار ذات العمق الكبير ، بتثبيت أحد قطبي التيار الكهربى عند السطح وإدلاء القطب الثانى مع قطب قياس فارق الجهد فى كابل واحد متين إلى أعماق مختلفة داخل البئر ، ثم قياس فارق الجهد أو تسجيله تسجيلا مستمراً خلال عملية الإدلاء على أوراق تسجيل خاصة مع قياس عمق كل نقطة تصل إليها



(شكل ١٥)

مجموعة الأقطاب . من هذه العملية نحصل على رسم بيانى للمقاومات الكهربية للطبقات الصخرية الموجودة عبر البئر ، كما هو مبين بالشكل رقم ١٥ . ومنها يمكن تحديد الطبقات ذات المقاومات العالية مثل الخالية من المعادن أو المحتوية على البترول أو تلك ذات التوصيل الكهربى الجيد مثل المحتوية على خامات المعادن أو على المياه الجوفية .

وإذا توافرت عدة آبار فى المنطقة فإنه بهذه الطريقة يمكن مقارنة النتائج المسجلة من كل منها مع نظائرها فى الأخرى ومنها يمكن تتبع شكل الطبقات الجيولوجية ذات المقاومة الكهربية الواحدة ومعرفة مابها من التواءات أو كسور ، كالمبين فى الشكل رقم ١٦ .

وثمة بعض الصعوبات التى تعترض هذه الطريقة خصوصاً عند استخدامها فى المناطق الشديدة الجفاف مثل الصحارى ، إذ قد يحدث عدم استطاعة التيار الكهربى السريان بين القطبين الكهربيين بالنسبة للمقاومة الكهربية العالية للرمال والأتربة الموجودة على السطح مما يتعذر معه وجود نقط اتصال جيدة بين الأقطاب وبين الأرض . وفى هذه الحالة ولزيادة كفاية الطريقة وسهولة تشغيل أجهزة القياس أو التسجيل ، يزاد عمق

الحفرة التى تدخل فيها الأقطاب الكهربية وتغمر بالمياه والطين إن أمكن حتى يوجد سطح تلامس جيد بين الأقطاب وبين الأرض. ومن الطريف الإشارة إلى أنه إذا تواجدت بعض الأشجار فى مثل هذه المناطق فيدق القطبان الكهربيان داخل جذوعها للحصول على نتائج مرضية.

إذ أن تلك الأشجار تمتد جذورها إلى داخل الأرض إلى عمق يضمن معه وجود اتصال كهربى بين القطبين وبين الأرض.

ويُبحث بإحدى هذه الطرق الكهربية عن المياه الجوفية التى تسرى خلال طبقات القشرة الأرضيــة المسامية قاطعة مسافات، قد تمتد إلى مئات الكيلومترات، حتى تتجمع فى مكان ملائم، كأن تقابل خلال نفاذها فى الصخور المسامية صخوراً صلدة لاتستطيع النفاذ فيها فتتجمع أمامها مكونة بحيرة أومستودعا داخليا كبيرا، وفى حالات أخرى تتجمع هذه المياه عند وجود طبقات طفلية أو طينية غير مسامية تمنع تسربها. ونظراً لذوبان بعض أملاح الصخور التى تخترقها هذه المياه فإن الطبقات المسامية الحاملة لها تصبح جيدة التوصيل الكهربى وبالتالى يمكن الكشف عنها بعملية المسح الكهربى السالفة الذكر.

وتجرى الآن المحاولات العديدة والقياسات المختلفة باستخدام

هذه الطريقة فى بلادنا فى الصحراء الغربية للكشف عما بداخلها من مياه جوفية ، وكذلك فى الواحات التى دلت الدراسات والأبحاث الجيولوجية فيها عن وجود كميات هائلة من هذه المياه فى داخل الأرض على أعماق متفاوتة . وقد نشأ وجود هذه المياه الجوفية نتيجة تسرب مياه الأمطار وبعض مياه النيل داخل طبقات الأرض . وهناك شواهد أخرى تدل على وجود نهر داخلى كبير من هذه المياه منشؤه هضبة الحبشة ويمتد هذا النهر شمالا بغرب تحت وادى النيل حتى الواحات بالصحراء الغربية .

ولا شك أنه بدراسة منطقة الصحراء الغربيـــة دراسة چيوفيزيقية شاملة يمكن التحقق من وجود هذا النهر الداخلى ومايحويه من كميات كبيرة من المياه الجوفية المختزنة التى نحن فى مسيس الحاجة إليهـا لاستصلاح وزراعة جزء كبير من صحرائنا .



الطريقة الإشعاعية

Radioactire Method

بعض عناصر المواد تطلق تلقائياً إشعاعات من داخل نواة ذراتها ، ويطلق على مثل هذه العناصر اسم المواد المشعة وأهمها عناصر الراديوم واليورانيوم والثوريوم والليثيوم . وقد زاد الاهتمام بهذه المواد بعد اكتشاف العالم الفيزيائى « كورى » وزوجته لخصائص عنصر الراديوم الإشعاعية . كما زاد الاهتمام بها ملايين المرات عندما عرفت أن مثل هذه المواد المشعة مصدر طاقة تدميرية هائلة لم تعرف من قبل ، وذلك بعد تفجير القنبلة الذريةفى هيروشيما ثم فى ناجازاكى فى أغسطس عام ١٩٤٥ والتى كانت سببا من أسباب هزيمة اليابان فى الحرب العالمية الأخيرة . ولقد استحوذ موضوع العناصر المشعة على بال العلماء فى الحقبة الأخيرة لترويض هذه القوة الهائلة الناشئة منها ، واستخدامها فى الأغراض السلمية كمصدر كبير للطاقة ، وما سوف يتبعه من ازدهار للصناعة وارتفاع لمستوى المعيشة والرخاء للجنس البشرى .

يطلق على مجموعة المواد المشعة اسم المواد أو العناصر الثقيلة

نظراً لكبر وزنها الذرى ، فهى توجد فى آخر قائمة الجدول الذرى الذى يشمل جميع العناصر المعروفة والتى أربت على المائة عنصر ، والتى تبدأ بغاز الإيدروچين ثم الهيليوم وتتدرج فى الترتيب حتى تنتهى بالعناصر الثقيلة المشعة السالفة الذكر .

ولعل من المفيد فى هذا المقام تلخيص تفسير مبسط لهذه الظاهرة الإشعاعية الذاتية : إذ تتكون ذرات أى عنصر من نواة يدور حولها جسيمات سالبة التكهرب تسمى الكترونات فى أفلاك دائرية حول مركزها . وتتكون النواة من جسيمات موجبة التكهرب تسمى بروتونات وجسيمات مماثلة ولكنها متعادلة الكهربية تسمى نيوترونات . والذرة فى مجموعها متعادلة كهربياً إذ أن مجموع الشحنات السالبة التى تحملها الألكترونات الخارجية تساوى مجموع الشحنات الموجبة الموجودة فى النواة . كما أن عدد البروتونات الموجودة بالنواة يساوى عدد ما يحيط بها من الكترونات وهى فى حالتها الطبيعية العادية . هذا العدد يسمى بالرقم الذرى للعنصر وهو الذى يحدد العنصر وترتيبه فى الجدول الذرى. وبذلك تختلف العناصر بعضها عن البعض الآخر فى عدد البروتونات الموجودة فى ذراتها : فذرة الايدروچين مثلا تحتوى نواتها على بروتون واحد ، يحيط به الكترون واحد

ورقمه الذرى واحد . والهيليوم تتكون نواتها من بروتونين والالكترونين حولها ورقمها الذرى ٢ ، أما اليورانيوم فرقمه الذرى ٩٢ . ونظراً لثقل البروتون الكبير بالنسبة للإلكترون إذ يساوى ١٨٤٥ مرة قدر وزن الإلكترون فإن وزن النواة يعبر عنه بالوزن الذرى للعنصر . وتؤخذ وزن ذرة الإيدروجين كوحدة عند تحديد الوزن الذرى للعناصر الأخرى وهكذا تتدرج الأوزان الذرية للعناصر المختلفة إلى أن يبلغ الوزن الذرى لليورانيوم مثلا ٢٣٨ .

وكما قلنا آنفاً ، تتكون نواة العناصر الثقيلة من عدد كبير من البروتونات ، ذات الكهربية الموجبة المتماثلة ، بقدر رقمها الذرى ، متجمعة فى حيز النواة الصغير . وبالنسبة لتماثل شحناتها الموجبة فإنها تعانى من تنافر هذه الشحنات المتماثلة وتكبر قوة التنافر هذه كلما زاد عدد البروتونات أى كلما زاد الرقم الذرى للعنصر ، ولا يمنعها من الإفلات من بعضها البعض سوى قوى التجاذب بينها والناشئة من كتلها حسب قانون الجاذبية العام الذى سبق الإشارة إليه .

بذلك فإن نواة ذرات العناصر الثقيلة تكون فى حالة غير مستقرة ولا تبقى طويلا على هذه الحالة فتتغلب قوى التنافر على

ما بين البروتونات من تماسك بقوى الجاذبية وينفلت من داخل النواة إحدى بروتوناتها ، وحينئذ يقل رقمها الذرى ويتحول العنصر إلى عنصر آخر حسب الرقم الذرى الذى تصبح عليه النواة . ثم يتوالى إطلاق البروتونات والإلكترونات من الذرة وتتحول خلال ذلك تدريجيا وعلى مر الوقت من عنصر لآخر تلقائياً حتى يصل إلى أول العناصر المستقرة فى الجدول الذرى وهو عنصر الرصاص . وقد تطول هذه الانطلاقات وهذا التحول إلى سنين طويلة لبعض العناصر ، كما قد يقصر إلى بضع ثوان حسب طبيعة العنصر نفسه.

يصحب هذا التحول وانفلات الجسيمات من داخل ذرات العناصر الثقيلة غير المستقرة ، انطلاق إشعاعات مختلفة أمكن اكتشافها ودراسة خواصها الطبيعية والتى أهمها هى :

١ — إن هذه الإشعاعات تؤثر على اللوح الفوتوغرافى الحساس إذا تعرض لها مثلما يؤثر الضوء أو أشعة إكس عليها .

٢ — كما أن لها القدرة على النفاذ خلال الأجسام ، وتختلف قوة النفاذ باختلاف نوع الإشعاعات وباختلاف الأجسام المعرضة لها .

٣ — لهذه الإشعاعات خاصية تأين الغازات الموجودة تحت

ضغط مخلخل ، أى تحليل جزيئاتها المتعادلة كهربيا إلى شحنات كهربية وبذلك تجعل الوسط الموجود فيه الغاز موصلا للكهرباء.

كما أمكن تقسيم هذه الإشعاعات إلى ثلاثة أنواع :

١ — أشعة بيتا (Beta Rays) :

وهى عبارة عن الكترونات ذات كهربية سالبة وسرعة كبيرة . وقوة نفاذها خلال الأجسام ضئيلة لدرجة أن بضعة سنتيمترات من الهواء كفيلة بامتصاصها ووقف نفاذها .

٢ — أشعة ألفا (Alpha Rays) :

وهى جسيمات ذات كهربية موجبة وتتكون من البروتونات المنطلقة من النواة وسرعة انطلاقها تعادل $\frac{1}{20}$ من سرعة الضوء [سرعة الضوء ≑ ٣٠٠ ألف كيلومتر فى الثانية] وهى أشد نفاذاً خلال الأجسام من أشعة بيتا ، ويمكن وقفها بحاجز رقيق من الرصاص .

٣ — أشعة جاما (Jamma Rays) :

وهى أشد هذه الإشعاعات قوة و نفاذا خلال الأجسام ويمكن أن تنفذ خلال سمك كبير من الطبقات الصخرية أو خلال بضع بوصات من مادة الرصاص . كما أن سرعتها تعادل سرعة الضوء الكبيرة جدا .

أجهزة الكشف :

ونتيجة لدراسة خــواص هذه الإشعاعات أمكن صنع الأجهزة التى يمكن بواسطتها الكشف عن هذه الإشعاعات ومصدرها . وأكثر الأجهزة شيوعا واستخداما هى مايسمى بعدادات جيجر Geiger Counters التى تنوعت أشكالها وأحجامها مما يشبه القلم ليوضع فى الجيب إلى حجم الصندوق المتوسط يمكن حمله فى الحقل . ويعتمد هذا الجهاز على خاصية التأين السالفة الذكر وهى إحدى خصائص هذه الإشعاعات . إذ تتكون أساسا من أنبوبة مفرغة من الهواء تقريباً وتحوى غازا تحت ضغط مخلخل ومتصل بمصدر كهربى تحت جهد عال . ونظرا لمقاومة الغاز ، حتى وهو فى حالة تخلخل أى تحت ضغط صغير جداً ، فانه لايسرى تيار كهربى فى الأنبوبة إلا إذا حدث للغاز حالة تأين أى تفكك جزيئاتها المتعادلة كهربيا إلى شحنات كهربية بفعل تأثير هذه الإشعاعات بعد نفاذها خلال زجاج . أو مادة الأنبوبة فى هذه الحالة فقط يسرى تيار كهربى وقتى — أو يحدث ما يسمى تفريغ كهربى — بين قطبي الأنبوبة . وكلما زادت الإشعاعات كلما زاد مثل هذا التفريغ . وتتصل الأنبوبة خلال مكثفات كهربية بعداد أو سماعة أذن لتسجل

عدد ما يحدث فيها من تفريغ كهربى إذ كلما زاد التفريغ كلما زاد رقم العداد أو زاد عدد الذبذبات المسموعة فى السماعة .

وبالتالى يمكن الكشف على المواد المشعة الموجودة بالقشرة الأرضية بواسطة هذه الأجهزة وما على الباحث سوى التجول فى المنطقة وحساب ما يسجله عداد جيجر من اهتزازات فى كل نقطة قياس . ثم رسم الخطوط الكونتورية لشدة الإشعاعات فى المنطقة ثم حصر مكان مصدرها إلى أضيق الحدود حيث توجد المواد المشعة .

كما استحدثت أجهزة أخرى تسمى السنتيللومتر Scintiliometer وهى أكثر حساسية وتستخدم فى الكشف عن المواد المشعة من أبعاد كبيرة ومن الجو بواسطة الطائرات . وتعتمد على خاصية أخرى للإشعاعات المنطلقة من مثل هذه المواد وهى توهج بعض المواد الداخلة فى طلاء الجدار الداخلى لأنبوبة التفريغ . وفى هذه الحالة تتصل الأنبوبة بعين سحرية ألكترونية لقياس شدة التوهج التى تزداد كلما قرب المصدر المشع ، أى كلما زادت الإشعاعات المنطلقة منها . وفى هذا الجهاز يمكن تسجيل شدة الإشعاعات تسجيلا مستمرا خلال عملية التنقيب سواء من سطح الأرض أو بواسطة الطائرات .

وفى الفصول التالية من هذا الكتيب سوف نتعرض بإيجاز لأهم الخامات والمعادن وطرق تكوينها واستعمالاتها المختلفة .

البــــترول

ظهرت أهمية البترول فى عصرنا الحديث بظهور الآلة واستخداماتها العديدة من مستهل القرن الحالى .

ففى وقت السلم نحتاج إلى البترول كمصدر الطاقة الأول لاستخداماتنا العديدة فى حياتنا اليومية فى المنازل والمصانع ، وقد زادت الحاجة إليه بتقدم المدنية وتطور وسائل المواصلات من السيارات إلى السفن ، التى يستخدم أكثر من نصفها الآن البترول وقودا بدلا من الفحم ، إلى الطائرات التى أحدثت تقدما ثوريا فى عصر الطيران النفاث .

كما أبرزت الحربين العالميتين الماضيتين أهمية البترول الكبيرة لتموين السيارات والسفن والدبابات والطائرات ، ويكفى أن نعلم أن نصف الإمدادات التى تذهب إلى القوات المتحاربة تتكون من منتجات البترول .

ولأهميته الاستراتيجية الكبيرة هذه ، نرى كيف تتطاحن الدول الكبرى فى سبيل السيطرة على منابعه سواء فى بلادها أو فى الدول الأخرى ، حيث تحاول أن تضمها إلى مناطق

نفوذها لتضمن التفوق على باقى الدول الأخرى ، مثلما نشاهده فى بلاد الشرق الأوسط والجزائر وفى إيران ودول أمريكا اللاتينية وعلى الأخص فى فنزويلا .

ولقد كانت بداية صناعة البترول الحديثة فى عام ١٨٦٠ حين اقترن ميلادها باسم الكولونيل إدوين دويك Edwin Drake ، الذى كان أول من استخدم آلة تنقيب بخارية فى صخور بنسلفانيا بالولايات المتحدة الأمريكية. وخلال بضعة أعوام بدأ تاجر بترول صغير يؤلف رابطة لتجار البترول فى أمريكا وكان اسمه چون روكفلر !.. وقد جنى من صناعة وتجارة البترول الملايين من الجنيهات مازالت آثارها واضحة على الاقتصاد الأمريكى حتى الآن .

وفى العشر السنوات من القرن الماضى رأت النور شركة ستاندر أويل وتلاها شركات البترول الكبرى التى زاد نفوذها وأرباحها تباعا وأصبحت تسيطر على اقتصاديات بلادها والبلاد المستعمرة .

بدأ الإنتاج التجارى للبترول بين عامى ١٨٨٠ ، ١٩٠٠ حين كان أغلبه يستخدم فى الإضاءة ، ومن عام ١٩٠٠ حتى ١٩٢٠ بدأ استخدامه كوقود للسفن بدلا من الفحم، وبعد الحرب العالمية الأولى كان إنتاج البنزين من خام البترول لاستخدامه فى تسيير السيارات أهم مميز لصناعة البترول . ومنذ ذلك الحين

زاد إنتاج البترول العالمى زيادة كبيرة ، ويظهر ذلك من الجدول الآتى ، خصوصا بعد اختراع آلات الاحتراق الداخلى :

الإنتاج العالمى للبترول (بملايين الأطنان)

السنة	الإنتاج	السنة	الإنتاج
١٨٧٠	٠,٨	١٩٣٠	١٩٦
١٨٨٠	٤,١	١٩٤٠	٢٩٢
١٨٩٠	١٠,٣	١٩٤٥	٣٥٠
١٩٠٠	٢٠	١٩٥٠	٦٠٠
١٩١٠	٢٥	١٩٦٠	١٠٠٠
١٩٢٠	٩٧		

وتتصدر الولايات المتحدة قائمة الدول المنتجة للبترول ، إذ بلغ إنتاجها عام ١٩٦٠ حوالى ٣٤ ٪ من الإنتاج العالمى ، يليها الشرق الأوسط الذى أنتج ٢٦ ٪ منه ، ثم أمريكا الجنوبية والاتحاد السوفيتى . أما أوربا فتعتبر فقيرة فى إنتاج هذا الوقود السائل ، الأمر الذى يجعلها فى مسيس الحاجة إلى بترول الشرق الأوسط القريب منها .

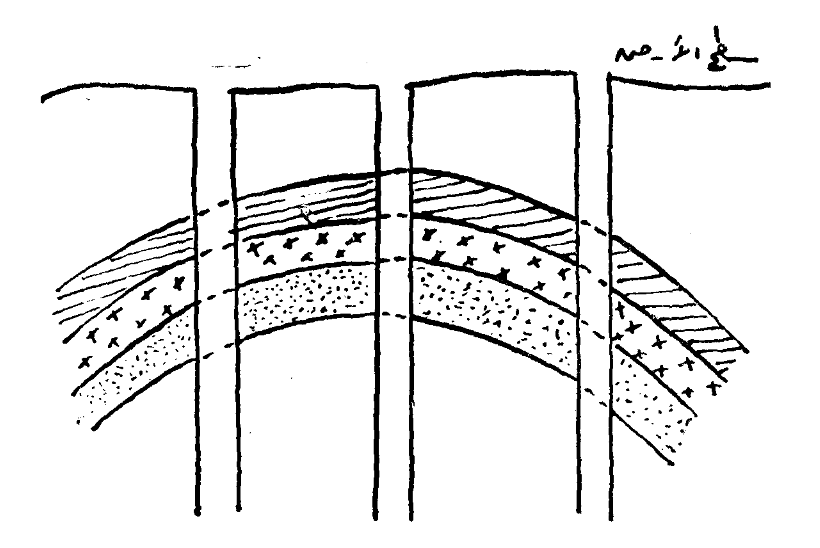
ويبلغ رأس المال المستثمر فى صناعة البترول بالولايات المتحدة ، بما فيه الاستثمار فى خارجها ، ما يقرب من ٢٠ مليار دولار ، مما يجعله من أهم مصالح أمريكا التجارية .

كما يقدر احتياطى العالم الموجود تحت الأرض من البترول بحوالى ٣٧ مليار طن ، ويحوى الشرق الأوسط أكبر احتياطى منه فى العالم إذ يقدر بحوالى ٦١ ٪ من الاحتياطى العالمى ، أما الولايات المتحدة فلديها حوالى ١٤ ٪ ، والاتحاد السوفيتى فلديه ١٠ ٪ منه .

والجدول الآتى يبين احتياطى العالم وإنتاجه من البترول ، عام ١٩٦٠ مقدرا بملايين الأطنان :

احتياطى وإنتاج البترول فى العالم
(ملايين الأطنان)

المنطقة	الاحتياطى	الإنتاج
الولايات المتحدة الأمريكية	٥٠٠٠	٣٧٠
الشرق الأوسط	٢٢٥٠٠	٢٧٠
أمريكا الجنوبية الوسطى	٣٨٠٠	١٩٠
الاتحاد السوفيتى	٣٩٠٠	١٥٠
الشرق الأقصى	١٣٠٠	٢٧
أوربا الغربية	٢٥٠	١٥
إفريقية	٣٠	٤
مجمـــوع	٣٦٧٨٠	١٠٢٦



(شكل ١٦)

أما احتياط وإنتاج البترول فى دول الشرق الأوسط عام ١٩٦٠ فوزع على بلدانها حسب الجدول الآتى .

احتياطى وإنتاج دول الشرق الأوسط
من البترول (بملايين الأطنان)

الدولة	الاحتياطى	الإنتاج
الكويت	٧٩٠٠	٨٣
إيران	٥٣٠٠	٥٣
السعودية	٥٢٠٠	٦٣
العراق	٣١٠٠	٤٨
الجزائر	٤٥٠	٩
قطر	٣٠٠	٩
الجمهورية العربية المتحدة	١٥٠	٣
البحرين	١٠٠	٢
مجموع	٢٢٥٠٠	٢٧٠

ومن هذا الجدول نرى أن احتياطى الشرق الأوسط من البترول حوالى ٢٣ مليار طن ولا يزيد المستخرج منه على

٢٧٠ مليون طن . وتعتبر الكويت أكبر بلد من بلدان الشرق الأوسط إنتاجا للبترول وهى نفسها أكثرها احتياطا . ولو استمر إنتاج البترول بمعدله الحالى فى الشرق الأوسط لا ستنفد فى مدى ٨٠ عاما ، لكن الزيادة المنتظرة فى الإنتاج تجعله ٥٠ عاما فقط إلا إذا اكتشفت مناطق آبار جديدة للبترول .

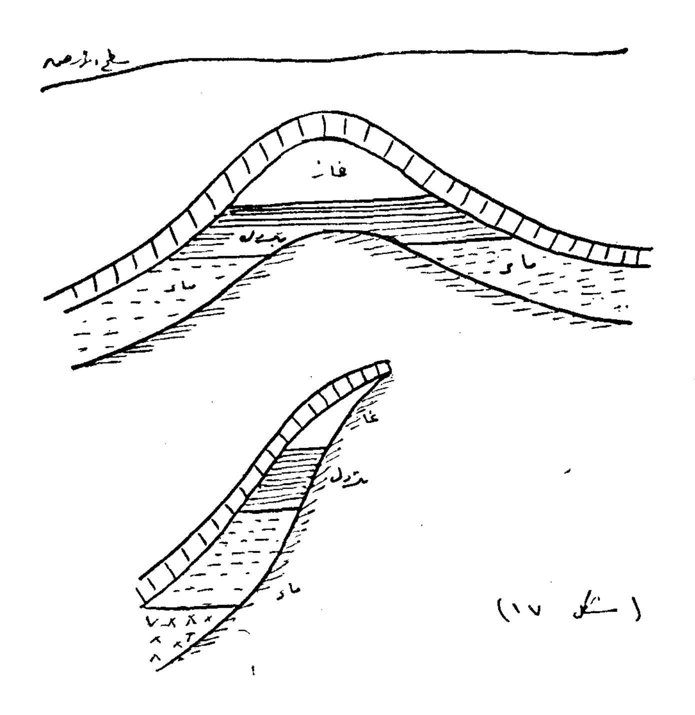
ويمكن اعتبار — مع شىء من التحفظ — أن التضاريس الجيولوجية المتشابهة الموجودة فى طبقات القشرة الأرضية تحت بلدان الشرق الأوسط ، والتى تبدأ فى إيران وتمتد جهة الغرب فى سلسلة جبال صحرائنا الشرقية ثم تمتد عبر الصحراء الغربية والصحراء الكبرى حتى المحيط الأطلسى ، هى من التضاريس الجيولوجية المواتية لتكوين مواطن البترول الكبيرة ، مما يبشر بكثير من التفاؤل فى العثور على مزيد من هذا الخام الثمين فى أراضينا خصوصا فى صحرائنا الغربية ، وفى الوقت الذى اكتشفت فيه حقول غنية للبترول فى ليبيا وجنوب الجزائر .

منشأ البترول :

ينشأ البترول أصلا من تحلل الكائنات البحرية الدقيقة والطحالب الموجودة فى مياه البحار والبحيرات والتى يحتوى

السنتيمتر المكعب من مياهها على آلاف من هذه الكائنات.
وحينما تصب مياه الأنهار فى البحار والبحيرات فإنها تكون قد جرفت فى طريقها ما استطاعت أن تحمله من فتات الصخور من الجبال ومن الطمى الذى سرعان ما يترسب تدريجا ببطء شديد، على مر العصور الجيولوجية المختلفة، فى قاع البحر ليكون الطبقات الرسوبية فى أعلى القشرة الأرضية. بتكوين هذه الطبقات فإنها تحبس بداخلها الكائنات البحرية الدقيقة الموجودة فى مياه البحار، وبفعل ضغط هذه الطبقات المتراكمة والتغيرات فى الحرارة بعيداً عن الهواء، فإن هذه الكائنات تتحلل تدريجا لينتج منها قطرات البترول الخام. وتتجمع هذه القطرات بمرور الزمن وتنساب مع ما يصاحبها من مياه خلال مايصادفها من طبقات رسوبية مسامية تسمح بنفاذها وكلما زادت الرحلة ازداد تجمع هذا السائل. وعلى هذا فيمكن اعتبار أن الطبقات الرسوبية المسامية بوجه عام تحتوى على نسب متفاوتة من خام البترول، لكن أغلبها لا يحتوى عليه بكميات تسمح باستخراجه.

وثمة ظروف جيولوجية خاصة يمكن فيها أن يتجمع البترول فى صورة اقتصادية للاستغلال أهمها هى:



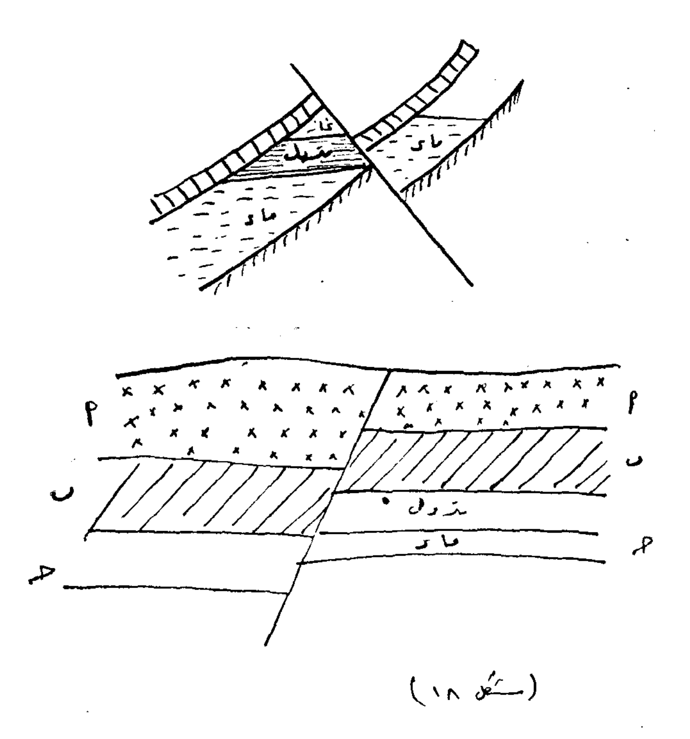
(شكل ١٧)

١ — الالتواءات الداخلية :

وتحدث نتيجة لتقلصات طبقات القشرة الأرضية وما يحدث لها من تضاغطات نتيجة تكوين الجبال والوديان وتوازنها . وفى هذه الحالة تقترب الطبقات والتكوينات الجيولوجية من السطح عند قمة الالتواء عنها فى جوانبه . فإذا تواجدت طبقة منها مسامية حاملة لقطرات البترول المنسابة ، فإنها تتجمع عند قمة الالتواء لتكون بحيرة من الخام تطفو فوق ما يصاحبها من الماء . كما يحدث نتيجة لبعض التفاعلات الكيميائية تكون غازات تتجمع فوق سطح البترول . وبهذا فإن قمم الالتواءات الداخلية تعتبر من التكوينات الجيولوجية التى تسمح بتراكم وتجمع البترول فيها ، كما هو مبين بالشكل رقم (١٧) .

٢ — الكسور الداخلية :

وتحدث أيضا نتيجة لتقلصات القشرة الأرضية المستمرة إزاء التبريد المستمر البطىء لها وبفعل الضغط عليها ، أن تتشقق الطبقات الجيولوجية فيها وتنزلق بعض الطبقات فى إحدى جهات الكسر الداخلى أمام نظائرها فى الجهة الأخرى . وبهذا قد



(شكل ١٨)

تتواجد طبقة مسامية حاملة للبترول أمام طبقة أخرى غير مسامية لا تسمح بنفاذ البترول خلالها ومن ثم لا يجد الخام بدا من التراكم أمام سطح الانزلاق ليكون أحد تجمعات البترول كما هو مبين فى الشكل رقم (١٨) .

طرق الكشف عن البترول

أساس الطرق الجيوفيزيقية للكشف عن البترول هو التنقيب عن أماكن الالتواءات والكسور الداخلية السالفة الذكر الموجودة فى طبقات القشرة الأرضية ، هذا مع وجود بعض الظواهر الجيولوجية الدالة على منشأ البترول فى المنطقة المراد التنقيب فيها .

وتستخدم لهذا إحدى الطرق الآتية :

١ — الجاذبية : حيث تقاس شدة الجاذبية الأرضية فى نقط متباعدة فى المنطقة ورسم الشكل الكنتورى للقياسات فى النقط المختلفة . وفى حالة وجود التواء تظهر الخطوط الكنتورية على هيئة منحنيات مقفلة تزداد قيمتها إلى الداخل فوق قمة الالتواء ، حيث تقترب الطبقات العميقة الأكبر كثافة من السطح كما بينا سابقا ـ وفى الكسور يظهر ذلك أيضاً فى الخطوط الكنتورية

كمنحنيات غير تامة عند خط الكسر حيث تتغير قيمتها فجأة .

٢ — المسح المغناطيسى : يظهر فيه أيضاً نفس شكل المنحنيات الكونتورية كما فى حالة الجاذبية سواء فى حالة الالتواءات أو فى الكسور الداخلية . هذا إذا وجدت بين طبقات القشرة الأرضية طبقة حاملة لمواد مغناطيسية مثل الطفل أو الطمى. وعادة ماتكون الطبقات الطينية أسفل الطبقات المسامية الحاملة لخام البترول مما يساعد على الكشف عنه بهذه الطريقة .

٣ — ولعل أهم الطرق المستخدمة بنجاح هى الطريقة السيسمية التى لها ميزة تحديد أعماق الطبقات الجيولوجية ومنها يمكن تحديد أعماق مستويات تجمعات البترول التى قد تكون على أكثر من عمق واحد من سطح الأرض فى أكثر من طبقة حاملة له .

الحـــــديد

يعتبر الحديد من أهم المعادن الضرورية للإنسان ، إذ هو أساس الصناعة الحديثة ويدخل فى جميع مايلزمنا من الضروريات كبيرها وصغيرها : من الدبوس الصغير إلى السيارات والقطارات والبواخر ، إلى قضبان السكك الحديدية وأساسات وهيا كل العمارات والمنشآت الكبيرة .

ويوجد حوالى ٥٠ كيلوجراما من خام الحديد فى المتوسط فى كل طن من صخور القشرة الأرضية . وهو يلى الإلمونيوم فى الانتشار فى طبقاتها ، وترجع الألوان المختلفة الموجودة فى الطفل والرمل والصخور الأخرى إلى وجود أكاسيد وإيدروكسيدات الحديد مختلطة بها بنسب متفاوتة .

وعلى الرغم من وجود خامات الحديد منتشرة بوفرة فى الطبيعة منذ الأزل إلا أن الإنسان لم يستعمله إلا بعد زمن طويل من العصر البرونزى الذى استعمل فيه النحاس وسبيكته البرونز ـ التى سمى العصر باسمها ـ . وذلك يرجع إلى أن الحديد النقى بعد استخلاصه بالتسخين من خاماته الأصلية شديد الرخاوة للاستعمال فى صنع الأدوات . ولم تعرف حينئذ ـ كما هو معروف فى وقتنا الحاضر ـ طريقة لإكساب الحديد الصلابة المطلوبة بإضافة نسبة معينة من الكربون إليه خلال صهره . وحتى هذه النسبة استغرق التحكم فيها ومعرفة نسبة الكربون اللازمة وقتا طويلا حتى أمكن صنع الحديد الزهر والصلب والأنواع الأخرى المستعملة الآن .

ولم يُصَنَّع الحديد إلا منذ حوالى ٥٠٠ سنة حين دعت الحاجة إليه بإقامة الماكينات، وأنشئت السكك الحديدية وحينئذ

استخدم فحم الخشب فى أفران تسخين وصهر الخام . ولم تبدأ أهمية الحديد الكبيرة إلا منذ الوقت الذى ارتقت فيه قوة البخار وزادت الحاجة إليه باختراع الآلات البخارية وما تلاها من المصانع المختلفة .

ويوجد خام الحديد فى الطبيعة مختلطا بالصخور الأخرى المكونة للقشرة الأرضية على هيئة أكاسيد مختلفة أهمها :

١ — الماجنتيت : ورمزه الكيميائى ($\text{ح}_{٣}\text{ا}_{٤}$) . ويسمى أحيانا الخام الأسود بالنسبة للونه الأسود اللامع وفى بعض الأحيان يسمى الخام المغناطيسى بالنسبة لأن له خاصية استقطاب مغناطيسية وقابليته للتمغطس كبيرة . ونوع منه يعرف باسم اللودستون أو حجر المغناطيس وله جميع خواص المغناطيس الطبيعى ولذا استخدم فيما مضى كبوصلة لتعيين اتجاه الشمال عند تعليقه تعليقا حراً أو بوضع قطعة منه فوق سائل ثقيل فى وعاء فيطفو آخذا اتجاها ثابتا دائما هو اتجاه الشمال الجنوب المغناطيسى للأرض . وهذا الأكسيد يحوى نسبة عالية من الحديد تتراوح بين ٦٠ — ٧٠ ٪ من الخام . ويوجدا لماجنتيت كخام نقى بين الصخور المختلفة ، وأحيانا يوجد على هيئة حبيبات متفرقة فى معظم الصخور البركانية وفى بعض الصخور الرسوبية . وبالنسبة

لخواصه المغناطيسية ، كباقى أكاسيد الحديد الأخرى ، فإنه يكشف عن وجوده بعملية المسح المغناطيسى حيث يبين الشذوذ المغناطيسى فى الخرائط الكونتورية الناتجة من عملية المسح الحقلى أو الجوى أماكن وجوده .

٢ — <u>الهياتيت :</u> ورمزه الكيميائى (ح٢ ا٣) ويحتوى على حوالى ٦٠ ٪ من الحديد . وهو خام أحمر اللون . وسمى بهذا الاسم اللاتينى الذى معناه (الدم) إشارة إلى لونه الأحمر المعروف به . وهو يوجد على هيئة بللورات ذات بريق أو على هيئة ألواح أو قشور وفى بعض الأحيان على هيئة كلى كبيرة . فى جيوب وتجاويف داخل طبقات رسوبية فى الحجر الجيرى ، وفى هذه الحالة يتكون الخام بواسطة إحلال الحجر الجيرى بمحاليل صاعدة ساخنة حاملة للمعدن . كما قد يوجد على هيئة مسطحات بين طبقات الصخور المتراصة التى تحتويها . والهياتيت من أكثر أنواع الخام وجوداً فى مناجم العالم وأوسعها انتشاراً فى باطن الأرض .

٣ — <u>الليمونايت :</u> ورمزه الكيميائى (ح٢ ا٣ يد٢ ا) . وهو أكسيد مائى من اكاسيد الحديد . ولونه يغلب عليه اللون الأصفر . ويحتوى على نسبة أقل من الحديد تصل على الأكثر

إلى حوالى ٥٠٪ مع كميات مختلفة من الماء فى تركيبه . وينتج من تحلل المعادن الأخرى المحتوية على الحديد والتى توجد منتشرة بكثرة فى الأجزاء الظاهرة من خامات الحديد الكبريتية مثل كبريتيد الحديد . ويحمل الحديد فى بعض الأحيان على هيئة محاليل إلى بعض المستنقعات والبحيرات الضحلة حيث تساعد الكائنات البحرية الدقيقة على ترسيبه على هيئة خامات الليمونايت .

٤ — السيدرايت : أو كربونات الحديد الكيميائى ورمزه الكيميائى ح ك ا٣ ويحتوى على نسبة من الحديد حوالى ٤٠٪ . ويوجد على شكل حبيبات أو طبقات غير متصلة فى عروق الفحم . ونظرا لامتداد هذا الخام على كربون أى مواد فحمية بنسب مختلفة فإنه فى بعض الأحيان يحتوى على مواد فحمية كافية تسمح بصهره دون وقود آخر إضافى .

وبصفة عامة يوجد خام الحديد بأنواعه المختلفة مختلطا ببعض المعادن الأخرى التى أهمها الكبريت والفوسفور فيلزم عند معالجته التخلص من هذه المواد التى تقلل من قيمة الحديد الناتج ويحوّل خام الحديد الموجود فى الطبيعة إلى الحديد الزهر

بصهر الخام فى المسبك ، أو إلى الحديد المطاوع بصهره فى أفران التقليب ، أو إلى الصلب بصهره ومعالجته فى أفران الحرارة العالية .

الحديد الزهر :

وهو أول أنواع الحديد التى أمكن تصنيعها من خاماته . وفى بادىء الأمر استخدم الفحم الخشبي كوقود فى أفران تحضيره . حيث يتحد مع بعض الكربون لزيادة صلابته . والحديد الزهر سهل الكسر إلا أنه سهل الصهر والصب فى قوالب ولا يصعب تشكيله . ولذا يستخدم فى صنع المواقد والأفران وفى صنع أنابيب المياه والأحواض. كما يصنع منه أيضا كثير من المسبوكات الثقيلة لبعض أجزاء الماكينات وله بعض المميزات منها مقاومته للحرارة ، وقابليته للصدأ والتآكل أقل من أنواع الحديد المصنعة الأخرى .

الحديد المطاوع :

ويصنع بصب الخام الساخن السائل المختلط بالكربون فى محول على شكل اسطوانى ومبطن بمواد سليكونية ثم ينفخ

الهواء خلال السائل الساخن فيتحد أكسيجين الهواء مع الكربون والسليكون وشوائب الخام الأخرى مثل الكبريت والفوسفور ليكوّن ما يعرف باسم جلخ الحديد . وهذا يطفو فوق السطح فيمكن إزالته بسهولة . ويستخدم الجلخ كسماد جيد نظرا لاحتوائه على نسبة عالية من حامض الفوسفوريك قد تبلغ حوالى ٢٠٪ . ويمكن طرق الحديد المطاوع وهو ساخن وسحبه إلى قضبان مختلفة السمك ، ويمكن ثنيه وهو بارد دون أن يتشقق أو ينكسر ولذا سمى بالحديد المطاوع . وهو شديد المتانة وله مقاومة كبيرة للتآكل والصدأ ولذا تؤهله هذه المميزات للاستعمال فى المواسير والسلاسل والخطاطيف . كما تصنع منه أنواع المسامير والصواميل وبعض أغراض الإنشاءات .

الحديد الصلب :

وهو يحتوى على نسبة معينة من الكربون لا تتجاوز ١,٥٪ بأى حال من الأحوال . ويمكن التحكم فى نسبة الكربون المتحدة مع خام الحديد بدقة كبيرة فى أفران الحرارة العالية حيث يصنع الصلب . وبعد صب الخام السائل فى المحول — مثل الحديد المطاوع — والتخلص من الجلخ تضاف كمية من

المنجنيز وكميات صغيرة من مواد النيكل والكوبلت والموليدين لإكساب الحديد الصلب الناتج بعض الخواص المميزة له مثل الصلابة ومقاومة التآكل وزيادة المرونة ومتانة الشد العالية . بجانب أفران الحرارة العالية المستخدمة فى صناعة الصلب ، تستعمل الأفران الكهربائية لإنتاج أنواع من الصلب عالية الجودة ويلزم لإنتاج الطن الواحد من الصلب طنان من الخام ونصف طن من الحجر الجيرى وطن من فحم الكوك وأربعة أطنان ونصف طن من الهواء. ولاشك أن استعمالات الصلب تفوق ما عداه من الأنواع الأخرى للحديد . فيستخدم فى السكك الحديدية وفى صنع السفن والكبارى وهيا كل المبانى والمهاريج .

إنتاج الحديد

زاد إنتاج الحديد فى العالم خلال السنوات الأخيرة زيادة كبيرة ، فقبل الحرب العالمية الأخيرة بلغ الإنتاج ٢٠٠ مليون طن ، وفى عام ١٩٥٦ وصل إلى ٢٥٠ مليون طن ثم إلى ٣٥٠ مليون طن فى عام ١٩٦٠ موزعة على الدول المختلفة حسب الجدول الآتى :

إنتاج الحديد فى العالم (مقدرا بملايين الأطنان)

١٩٦٠

الدولة	الإنتاج
الولايات المتحدة	١٥٠
الاتحاد السوفيتى	٨٠
المانيا	٣٠
بريطانيا	٢٥
فرنسا	١٥
اليابان	١٥
بلجيكا	٨
إيطاليا	٧
أوربا الشرقية	٢٠

وفى الجمهورية العربية المتحدة توجد خامات الحديد بالقرب من أسوان — حيث تبلغ نسبة الخام فى الصخور حوالى ٣٠٪ وهو من نوع الهيماتيت ويصنع الآن فى مصنع الحديد والصلب بحلوان . كما اكتشفت خامات أخرى للحديد بالواحات البحرية وفى بعض مناطق الصحراء الشرقية أهمها وادى كريم وأم

شداد بالقرب من القصير ، وكذلك فى شبه جزيرة سيناء وهو من نوع الماجنتيت والهيماتيت .

وقد زاد إنتاج الحديد المصنع خلال السنوات الأخيرة منذ بدء تصنيعه ويبلغ الآن حوالى ٣٠٠٠٠٠ طن . وبالنسبة لبراج التصنيع الكبيرة فى بلادنا فقد وضعت الخطة لزيادة إنتاجه حتى يتمشى مع احتياجاتنا المتزايدة إلى هذا الخام ذى الأهمية المتعددة الأطراف .

النحـــــاس

يعتبر النحاس من أول المعادن التى اكتشفها واستخدمها الإنسان منذ أقدم العصور بعد العصر الحجرى ، وذلك لصنع الأسلحة من مدى وبلط وسيوف ولعمل الأوانى كما استخدمه لصنع أدوات الزينة من مرايا بصقلها وجعلها لامعة وأساور وحلى . ونظراً لوجود معدن القصدير مختلطا فى بعض الأحيان فى الطبيعة ، مما يكون السبيكة المعروفة بالبرونز ، فقد أطلق على العصر ما بعد الحجرى بالعصر البرونزى بالرغم من أن النحاس هو الغالب فى صناعة هذه الأدوات عن البرونز .

وقد كان المصريون القدماء أول من استخدم هذا المعدن ،

وتشهد بذلك مقابرهم وآثارهم التى تحتوى على الكثير من هذه الأدوات التى كانوا يشكلونها ويتفننون فى دقة صنعها بطرق بدائية مذهلة إذ لم تكن تعرف وقتئذ المخارط والآلات المعروفة لدينا الآن للتشكيل والسحب والطرق . ويرجح تفضيل استخدامه عن باقى المعادن التى كانت معروفة حينئذ إلى أنه مادة رخوة يسهل طرقها وتشكيلها .

وبالنسبة إلى أن النحاس موصل جيد للكهرباء فإنه يستخدم كاحدى المواد الأساسية الداخلة فى الصناعات الكهربائية : فى صنع المولدات والموتورات وفى خطوط توزيع القوى الكهربائية والإضاءة ، والتليفونات والتلغراف والأسلاك والكابلات الكهربائية المختلفة .

وتزداد صلابة النحاس بسبكه مع معدن آخر مثل القصدير أو الزنك أو النيكل فسبيكة البرونز تحتوى على ٨٠ ٪ من النحاس والباقى قصدير أو زنك أو هما معا تبعا كنوع سبيكة البرونز التى منها برونز المدافع وبرونز التماثيل .

وثمة سبيكة تعرف باسم الدورالدمين (Duralumin) مكونة من النحاس مع الألمونيوم وتستخدم فى بناء الطائرات نظراً لمتانتها وخفتها فى نفس الوقت ومقاومتها للتآكل كما يوجد

النحاس على هيئة أملاح : مثل كلوريد النحاس الذى يستخدم كمصهر قوى وكبريتات النحاس التى تستخدم فى الصباغة وفى تطهير المزروعات من بعض الآفات .

وبالنسبة لخواص النحاس الكهربية فإنه يستدل على وجوده جيوفيزيقيا بالطرق الكهربية السالف شرحها .

وأهم الدول المنتجة للنحاس فى العالم هى بالترتيب حسب إنتاج كل منها : الولايات المتحدة شيلى ، روديسا ، الاتحاد السوفيتى ، الكونغو واليابان .

وتوجد خامات النحاس فى بلادنا بالصحراء الشرقية على ساحل البر الأحمر فى منطقة أم سميدكى جنوب القصير وجمسة بالقرب من الغردقة وفى شبيه جزيرة سيناء وتجرى الآن عمليات مسح كهربى وجيولوجى واسعة النطاق على طول ساحل البحر الأحمر لاكتشاف مناطق جديدة ولتتبع عروق هذا الخام المنتشرة تحت السطح .

النيـــــكل

لا يقل النيكل أهمية عن الحديد ، إذ يدخل فى صناعة الصلب إما بمفرده أو مع الكروم والمنجنيز ، إذ يضاف بنسب

معينة دقيقة لإكساب الصلب متانة وقوة شد عالية ومقاومة للتآكل والصدأ وبعض المميزات الأخرى .

ويستعمل الصلب المعالج بالنيكل فى صناعة السيارات والقطارات ومحطات القوى وماكينات المناجم وآلات المصانع الثقيلة . كما زادت استعمالاته فى ميدان السبائك الخاصة بالآلات النفاثة التى تتحمل درجات حرارة عالية جدا .

ولم يتمكن إخصائيو معالجة المعادن من استعمال النيكل فى تصنيع الصلب إلا بعد أبحاث ومجهودات مضنية طويلة . وذلك بالنسبة للنتائج المتباينة العجيبة الناشئة من التغيرات فى نسب النيكل المستعملة .

فمثلا وجد أن إضافة النيكل بنسب لا تتجاوز ٥٪ تزيد الصلب متانة شد ومقاومة للصدأ والتآكل .

أما إذا زادت النسبة إلى ١٠٪ فينتج صلب رخو عند تسخينه أو تبريده تبريدا فجائيا . فى حين أن الصلب المحتوى على ١٣٪ من النيكل متين جدا ولكن يصعب قطعه أو ثقبه . وكل هذه الأنواع لها خواص مغناطيسية وكهربية وحرارية عالية تؤهله لاستعمالاته المتعددة السالفة الذكر . كما وجد أنه إذا أضيف ٢٥٪ من النيكل إلى السبيكة فإنها تفقد خواصها المغناطيسية

المميزة للصلب العادى ، كما تزداد مقاومتها لمرور التيار الكهربى إذا زادت نسبة النيكل إلى ٣٢ ٪ . لذلك تستعمل هذه الأنواع الأخيرة فى ملفات التسخين الكهربية المستخدمة فى الأغراض المنزلية . ولعل من الطريف أنه وجد أن سبيكة الصلب النيكل المحتوية على ٣٦ ٪ من النيكل لا تتمدد أو تتقلص باختلاف درجات الحرارة وقد أطلق على السبيكة اسم (إنقار Invar) اختصارا لكلمة (Invariable) بمعنى عدم التغير فى درجات الحرارة المختلفة . وللإنقار استخدامات متعددة فى أشرطة القياس والأطوال العيارية وكذلك فى صنع بندول الساعات الذى يجب ثبات طوله فى جميع الأحوال الحرارية حتى يحتفظ بتعيين الوقت المضبوط .

وتزيد إضافة مقدار صغير للحديد الزهر متانته ومقاومته للتآكل وقابليته للسبك ، ولذا يستعمل فى صنع ماكينات السيارات وآلات الديزل ومعدات البترول والطلمبات وضاغطات الهواء .

وبالمثل أيضاً تمتاز سبائك النيكل مع النحاس بالمتانة ومقاومته للتآكل وتختلف خواصها أيضاً باختلاف نسبة النيكل الداخلة فى السبيكة . فسبيكة المونل (Manel) تحتوى على ٦٧ ٪

نيكل ، ٣٨٪ نحاس وتمتاز بمتانة شد عالية ولها استخدامات هامة متعددة .

ويستعمل النيكل أيضا نقيا فى الطلاء الكهربى واستعمالاته معروفة . كما يستخدم فى أغراض الزينة وغيرها .

وتوجد أهم مناجم النيكل فى العالم بولاية أونتاريو بكندا التى تنتج حوالى ٨٠٪ من الإنتاج العالمى . وهناك يوجد الخام على هيئة كبريتيد حديد ونحاس ونيكل مختلط فى تقاطعات بالقرب من بعض أنواع الصخور والتكوينات البركانية . كما يوجد خام النيكل أيضا بالاتحاد السوفيتى وفى فنلندا والولايات المتحدة وجنوب إفريقية . ويبلغ متوسط الإنتاج العالمى له خلال السنوات العشر الأخيرة حوالى ٢٢٠ ألف طن سنويا ، تنتج منه كندا وحدها ١٦٠ ألف طن . وبالجمهورية العربية توجد بعض خامات النيكل بشكل بسيط مختلطة مع خامات النحاس بالصحراء الشرقية .

الألمنيـــــوم

على الرغم من أن الألمنيوم يحتل المرتبة الثالثة فى درجة الانتشار بين صخور القشرة الأرضية بعد الأكسيجين

والسليكون ، إلا أنه لم يتوصل إلى طريقة لاستخلاصه واستخدامه على نطاق تجارى إلا منذ ثمانين سنة فقط . وبمقارنته بالحديد الذى أمكن إنتاجه منذ وقت طويل يقدر بمئات السنين برغم وجود خاماته بكميات تقل كثيرا عن الألمنيوم نجد أن صعوبة استخلاص الألمنيوم من خاماته ترجع إلى سببين :

١ — وجود أكاسيد الألمنيوم فى الطبيعة مختلطة بعدة شوائب ويجب معالجتها بطرق معقدة باهظة التكاليف قبل الحصول على المعدن نقيا ، بعكس أكاسيد الحديد التى توجد بحالة تسمح بوضعها فى الأفران مباشرة لاستخلاص الحديد النقى .

٢ — كما أنه فى حين يمكن بواسطة الفحم اختزال أكاسيد الحديد ، لا يمكن اختزال أكاسيد الألمنيوم بواسطة الفحم وإنما يستعمل الصوديوم كعامل مختزل بدلا من الفحم .

ويحضر الألمنيوم من خام البوكسايت بإذابته فى حمام منصهر من مادة الكريولايت — الذى يعتبر أجود مذيب للخام — ثم تعريضه لعملية التحليل والترسيب الكهربائى . لهذا يتضح ضرورة توفر الطاقة الكهربائية وبسعر منخفض فى أماكن صناعة استخراج الألمنيوم . وبالتالى توجد أكبر مصانع

إنتاجه بجوار مراكز توليد الكهرباء من المساقط المائية .

وأهم صفات المعدن المميزة له هى خفته وقوته الكبيرة بالنسبة لكثافته ، وكذلك مقاومته للتآكل . ونظرا لليونته وهو فى حالته النقية فإنه يسبك مع بعض المعادن الأخرى مثل النحاس لإكسابه متانة وصلابة وتحتوى السبيكة المعروفة باسم « الدرالوين » على ٤٫٠٪ نحاس ، ١٫٠٪ مغنيسيوم ويستخدم المعدن بكثرة فى صناعة الأدوات المنزلية وفى كل وسائل المواصلات البرية والجوية وخصوصا فى صناعة الطائرات وذلك بالنسبة لخفته . كما يستخدم فى خطوط نقل القوى الكهربائية للمسافات الطويلة بدلا من النحاس ، إذ يتيح رخص ثمنه ووزنه الخفيف الفرصة للإقلال من عدد الأعمدة الحاملة للأسلاك والباهظة التكاليف . وفى خلال الحرب العالمية الثانية لعبت رقائق الألمنيوم دورا هاما فى الحرب الإلكترونية ، إذ استعملت هذه الرقائق كمضادات للرادار لتضليل أجهزة رادار العدو . كذلك استعملت ألواح الألمنيوم فى صناعة حصائر خفيفة تهبط عليها الطائرات فى أى مكان . ويدخل المعدن فى بعض الصناعات الكيمائية والكهربية . ومن مميزاته أيضا أنه يمكن استغلاله ثانية من الخردة واستعماله ثانية بعد صهره وتشكيله .

وأهم مواطن إنتاجه فى العالم موجودة بالولايات المتحدة وكندا والاتحاد السوفيتى وقد تضاعف إنتاج الألمنيوم خلال سنى الحرب الأخيرة عدة مرات عنه قبل الحرب ويبلغ الإنتاج العالمى السنوى الآن ما يقرب من مليون ونصف مليون طن تنتج منه الولايات المتحدة حوالى ٨٠٠ ألف طن يليها كندا بحوالى ٤٠٠٠٠٠ طن فالاتحاد السوفيتى ٣٠٠٠٠٠ طن ثم فرنسا ١٠٠٠٠٠ طن .

ولم تعرف حتى الآن أماكن وجود هذا الخام فى الجمهورية العربية المتحدة .

الـــــذهب

اعتبر الذهب منذ القدم بأنه ملك المعادن بالنسبة لبريقه الأصفر الذى لا يعتم ، كما أن ندرته النسبية عن باقى المعادن وخواصه الطبيعية جعلت منه حتى الآن المقياس الدولى لقيم المواد والعملات .

ومنذ تاريخه المبكر والإنسان دائم البحث عنه بشغف ، وكثيراً ما أغرى اكتشاف حقول الذهب الجديدة الكثير من الرجال والمغامرين إلى الاندفاع بجنون بحثاً عن ثروات سريعة ، مثل ما حدث فى منتصف القرن الماضى فى كاليفورنيا بضرب

الولايات المتحدة حيث كان الشعار السائد وقتئذ « اتجه إلى الغرب » حيث إغراء الثروة بالعثور على الذهب هناك .

وقد بدأ المصريون القدماء فى استخدامه فى الزينة وصنع المصوغات ومقابرهم تحوى الكنوز العديدة من هذا المعدن الثمين . ثم تطور استخدامه على مر الزمن إلى أن أصبح الآن المعيار الرئيسى للنظم النقدية السائدة فى العالم ، بجانب استخداماته فى الزينة والمصوغات ! . وفى هذه الحالة لا يستعمل الذهب نقياً بل يكون سبيكة مع النحاس أو الفضة أو النيكل بنسب مختلفة يدرج نوعها وبالتالى قيمتها حسب نسبة ماتحويه من ذهب وهو يسمى بالعيار المقدر بعدد من القراريط ، فالذهب النقى مثلا عياره يسمى ٢٤ قيراطا ، لكن أعلى درجة للحلى هى ٢٢ ثم ١٨ ، ١٦ ، ١٤ .

ومن النادر وجود الذهب نقياً فى الطبيعة ، إذ يحتوى فى أغلب الأحيان على الفضة أو على بعض المعادن الأخرى . كما يستخلص بصفة ثانوية من بعض الخامات مثل النحاس والرصاص والزنك . وقد يتجمع على هيئة حبيبات أو حصى صغيرة فى رواسب الوديان وذلك بفضل عدم قابليته للذوبان وبالنسبة لكثافته العالية ، فهو أثقل بحوالى ست مرات من معظم الصخور.

ويتجمع الذهب الموجود فى مثل هذه الرواسب بواسطة عوامل التعرية التى تفكك العروق المحتوية على الذهب وتكون تجمعات بالقرب من العروق الأصلية أو تحمل بواسطة مياه الأنهار لتترسب بعيداً عن مكانها الأصلى فى مناطق منخفضة المنسوب . ومن الملاحظ دائماً أن ذهب رواسب الوديان أنقى عادة من ذهب العروق ويرجع ذلك إلى ذوبان الفضة أو المعادن الأخرى الملتصقة به خلال حملها من العروق حتى ترسيبها . وخامات رواسب الوديان قد لا توجد على السطح ، إذ تكوّن بعضها خلال العصور الجيولوجية وغطى بعد ذلك إما بطبقات رسوبية أحدث عمراً ، أو بالصخور النارية والطفوح البركانية .

وتوجد أغلب عروق الذهب مختلطة مع عروق الكوارتز فى بعض التكوينات الجرانيتية الصغيرة ، وتكون هذه العروق أصلا فى أعماق كبيرة من سطح الأرض تحت ظروف الحرارة والضغط العاليين .

وتعتبر مناجم الترانسفال بجنوب إفريقية من أغنى مناجم الذهب وأكثرها إنتاجا فى العالم يليها الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتى ، ثم كندا واستراليا وغانا وروديسيا الجنوبية والفلبين والكونغو .

وفى الجمهورية العربية المتحدة يوجد الذهب فى عروق الكوارتز فى مناطق الصحراء الشرقية وأهم منجم هو منجم أم الفواخير بين قنا والقصير وإنتاج الذهب فى الجمهورية ضئيل نسبياً الآن إذ أوشكت مناجم استغلاله على النفاد بحيث أصبحت تكاليف استخراجه واستغلاله تفوق قيمته .

الفضـــــة

يعتبر الذهب والفضة صنوان كالملك والملكة فى عالم المعادن . ويرجع ذلك إلى اللون البهيج الذى تمتاز به الفضة والذى لا يعتريه أى تغير باختلاف العوامل الجوية كما أن المعدن سهل الطرق والتشكيل . وقد استعمل منذ القدم فى أدوات الزينة والأكل . ومقابر القدماء تحوى الكثير من هذه الأدوات .

وقديماً كان الذهب والفضة يتبادلان قصب السبق فى القيمة فى بعض البلدان مثل بلاد العرب القديمة وألمانيا واليابان حسب العرض والطلب بالنسبة للمعدنين . أما فى وقتنا الحاضر فيكاد يكون استعمال الفضة مقصوراً على استخدامها فى العملات النقدية وفى بعض الأدوات المنزلية وأدوات الزينة والحلى .

والفضة النقية ، مثل الذهب النقى ، شديدة الرخاوة ، ولذا

تسبك بنسب متفاوتة مع النحاس لإكسابها صلابة ، مع احتفاظها فى نفس الوقت بقابليتها للتشكيل والطرق .

ولأملاح الفضة استخدامات عدة ، أهمها فى التصوير الفوتغرافى حيث تدخل ما يسمى باسم هاليدات الفضة ضمن الطبقة الجيلاتينية الحساسة فى صناعة الأفلام وأوراق الطبع الفوتوغرافية . إذ لهذا الملح خاصية التفاعل والتأثر بدرجات متفاوتة باختلاف شدة الضوء المعرض له . ولبعض أملاح الفضة الأخرى استخداماتها الطبيعية وفى التطهير من الجراثيم .

والفضة من أحسن المعادن توصيلا للكهرباء وللحرارة ، ولذلك تستخدم فى صناعة الأجهزة الكهربائية والحرارية .

وتعدن معظم خامات الفضة مع النحاس والرصاص والزنك. وهى إما موجودة نقية فى الطبيعة أو متحدة مع معادن أخرى . وفى بعض الحالات تكون الفضة مع الذهب سبيكة طبيعية هى معدن «الإلكتروم». لكن يعتبر كبريتيد الفضة المصدر الرئيسى للفضة فى العالم ويوجد غالبا فى الجالينا (كبريتور الرصاص).

وأهم مصادر إنتاجها موجودة بالمكسيك والولايات المتحدة وكندا واستراليا واليابان والكونجو والاتحاد السوفيتى ».

ولا توجد خامات للفضة بالجمهورية العربية المتحدة بكميات

قابلة للاستغلال إذ أن الموجود منها بكميات ضئيلة جداً مختلطا بخامات النحاس والزنك إن وجدت .

الرصاص والزنك

لا يوجد الرصاص فى الطبيعة كفلز نقى ، بل يحصل عليه من خامات أهمها كبريتيد الرصاص المسماة : جالينا مختلطا دائماً بخام الفضة بآثار بسيطة . وتوجد معظم خامات الرصاص فى صخور رسوبية على هيئة عروق أو انتشارات فى الصخور والأحجار الجيرية حيث يترسب الرصاص على هيئة جالينا من المحاليل المعدنية الساخنة المنبعثة من مصادر نارية بداخل باطن الأرض .

والملاحظ أن الرصاص والزنك متلازمان دائماً . إذ توجد خاماتهما بكميات اقتصادية عادة فى نفس أماكن وجود أحدهما أى أنهما يوجدان دائماً معا فى نفس المنجم .

وبالنسبة لخواص الرصاص والزنك الكهربية — فهما موصلان جيدان للكهرباء — فتستخدم الطرق الكهربية للتنقيب الجيوفيزيقى عنهما وقد سبق شرح هذه الطرق مع شىء من التبسيط آنفا .

وللرصاص استخداماته المتعددة ، إذ يستعمل فى البطاريات الكهربائية الخازنة ، السائلة منها والجافة ، وفى تبطين الصهاريج وصنع أنابيب للمياه وفى المبانى ويدخل فى صناعة الأسلاك الكهربائية . وتصنع سبيكة منه مع مادة الأنتيمون تسمى الرصاص الأنتيمونى وتحتوى على ١٠ ٪ من الإنتيمون وهذه السبيكة تستخدم فى أغراض الذخيرة مثل القذائف . أما مادة اللحام التى نعرفها باسم « قصدير اللحام » فتتكون من سبيكة من الرصاص والقصدير .

وللرصاص عدة مركبات كيميائية منها : كربونات الرصاص التى تستعمل فى الطلاء بالنسبة لخواصها الواقية . أما أكسيد الرصاص الأحمر فيستخدم كطلاء واق على المعادن الحديدية المعرضة للجو مثل البواخر وحواجز الشواطىء وأسوار الحدائق ، ثم يغطى بلون الطلاء المطلوب .

أما الزنك فأهم خواصه عدم قابليته للصدأ ومقاومته للتآكل ولهذا فإنه يستخدم فى صناعة الحديد المموج « المجلفن » الذى يستعمل فى سقوف وجدران بعض المبانى .

كما يدخل الزنك فى صناعة بعض أجزاء السيارات ويستخدم كأحد قطبي البطاريات الكهربائية الخازنة . ويدخل الزنك

فى تركيب كثير من السبائك مثل النحاس الأحمر والفضة الألمانية.

أما أملاحه فتستخدم فى طب الأسنان وفى كيماويات مختلفة للتطهير ولتثبيت الألوان فى الصباغة .

والدول المنتجة لهذين المعدنين ، المتلازمين فى الطبيعة ، حسب إنتاج كل منها هى بالترتيب : الولايات المتحدة ، إستراليا ، المكسيك الاتحاد السوفيتى ، كندا ، يوغوسلافيا ، الكونغو ثم مراكش وأسبانيا واليابان .

وفى الجمهورية العربية المتحدة توجد خامات الرصاص والزنك فى عدة مناطق على ساحل البحر الأحمر بالصحراء الشرقية . وأهم مناطق تعدينهما هى أم نحيج ، جنوب القصير ، وجبل الرصاص شمال مرسى علم ثم فى وادى رانجا ورأس بيناس . كما يوجد الرصاص بكميات قليلة مختلطا مع الصخور النارية بمنطقة أسوان وفى شبه جزيرة سيناء . أما الزنك فيوجد أيضاً مختلطاً مع النحاس فى منطقة أم سميدكى .وتنتشر عدة بعثات جيولوجية وجيوفيزيقية بالصحراء الشرقية وفى شبه جزيرة سيناء للتنقيب عن مناطق جديدة لخامات هذين المعدنين .

الكوارتز

وهو أحد المعادن الشائعة الوجود فى رمال الشواطىء وحصى الأنهار الرملية . ويستعمل بكثرة فى رمال البلاط والأسمنت . كما يستخدم كعامل مساعد فى صناعات الزجاج وقوالب السيليكا (التى تتحمل درجات حرارة عالية جداً) وكذلك فى أعمال الصنفرة بالنسبة لصلابته . كما يستعمل فى البويات وبعض أنواع الصابون .

يحتوى الحجر الرملى على نسبة عالية من هذا المعدن تصل إلى ٨٠ ٪ ولذلك يعتبر الحجر الرملى من أوسع أحجار البناء والرصف استعمالا . كما تحتوى أحجار الجرانيت والصخور النارية الأخرى على حوالى ٣٠ ٪ من الكوارتز .

يتركب الكوارتز من ثانى أكسيد السليكون . ويكثر وجوده بالفراغات الموجودة بالصخور على هيئة بللورات كاملة مختلفة الأشكال والألوان وتستعمل بللورات الكوارتز عند ما تكون شفافة عديمة اللون فى صناعة الزجاج البصرى والعدسات ، أما الملون الذى يختلف بين الوردى والقرمزى والبنفسجى فتستعمل فى المجوهرات الرخيصة . أما فتات البللورات الشفافة

فلها استعمالات عديدة بعد صهرها لصنع بعض العدسات الخاصة والألياف وخيوط التعليق المرنة الرفيعة المستعملة فى الأجهزة الطبيعية ذات الحساسية العالية . كما أن بللورات الكوارتز تستخدم بكثرة فى الأجهزة اللاسلكية والتليفونية . ولها بعض الخواص الضوئية والكهربية التى تنفرد بها . فإذا تعرض قطاع طولى من بللورة الكوارتز إلى ضغط عمودى على سطحيه تتولد به كهرباء تسبب وجود شحنات موجبة سالبة على السطحين. وعلى العكس إذا ما شحن مثل هذا القطاع بالكهرباء فإنه يتغير حجما . وقد استغلت هذه الخاصية فى قياس الضغوط الفجائية وفى أجهزة قياس الأعماق وفى متابعة تغيرات الضغوط البسيطة . وبفضل هذه الخواص الكهربية العجيبة فإن بللورات الكوارتز تستخدم فى تثبيت ذبذبة التيار الكهربى فى مذبذبات محطات الإذاعة واللاسلكى بالنسبة لثبات معدل ترددها عند تعريضها لتيار كهربى متردد . ولذلك تستعمل جميع محطات الراديو للمحافظة على الموجة المخصصة لها .

وثمة نوع من السليكا الزجاجية المحتوية على الكوارتز تتحمل التغيرات الحرارية المفاجئة نظراً لصغر معامل تمددها ، ولذلك يمكن تسخينها لدرجة الاحمرار ثم وضعها فى ماء بارد

دون أن تـكسر . وهى تستعمل بكثرة فى المعامل العلمية حيث تتطلب درجات الحرارة الـكبيرة فى الأفران مثل هذا النوع من الزجاج .

يوجد الـكوارتز كمعدن رئيسى فى معظم العروق المحتوية على خامات المعادن الفلزية وتوجد بللورات الـكوارتز ذات الصفات الـكهربية السالفة الذكر فى أماكن قليلة أهمها البرازيل ومدغشقر وأوغندا حيث توجد فى فراغات وتداخلات عروق الجرانيت . ويقدر الإنتاج السنوى لبللورات الـكوارتز بحوالى ١٠٠٠ طن بخلاف أنواع وفئات الـكوارتز الأخرى .

وفى بلادنا يوجد الـكوارتز منتشراً ، بنسبة ضئيلة فى رمال صحراواتنا خصوصاً على الشواطىء إلا أن النوع النقى منه لا يوجد متركزاً بوفرة فى مكان واحد يسمح باستخراجه من الرمال واستغلاله .

الميـــــكا

لا يوجد معدن له مثل خواص الميـكا المتعددة والتى ينفرد بها مما يجعل استعمالاته الصناعية متعددة فى جميع المجالات . فمن أهم خواص هذا المعدن هى قابليته للتشقق التى تسمح بفصله

بسهولة على هيئة رقائق مختلفة السمك تصل فى بعض الحالات إلى أقل من واحد على مائة من السنتيمتر . كما يمتاز بالمرونة الشديدة حيث يمكن ثني رقائقه بدون أن تُكسر ثم إعادة فردها بسهولة . ومن صفاته المتعددة الأخرى : عدم توصيله للحرارة ، وعدم انصهاره بالحرارة إذ يتحمل درجات حرارة تصل إلى ١٠٠٠ درجة مئوية ، كما أن له قوة عزل كهربية عالية بفضل مقاومته الكبيرة للتوصيل الكهربى .

ولذلك تستخدم الميكا على نطاق واسع فى الأغراض الكهربائية ، حيث لا يوجد ما يماثلها لأغراض العزل الكهربى ، فى صناعة المكثفات والمولدات والملفات الكهربائية . كذلك تستخدم فى صناعة أدوات التسخين الصناعية والمنزلية التى تلف فيها أسلاك التسخين حول رقائق الميكا التى لا تتأثر بالحرارة . كما أدخلت الميكا حديثا فى الأغراض اللاسلكية وفى السيارات وصناعة شموع الاحتراق فى محركات الطائرات .

وللميكا ثلاثة أنواع توجد عليها فى الطبيعة : الميكا البيضاء المسماة « مسكوفايت » المركبة كيميائيا من سليكات مائية للألومنيوم والبوتاسيوم . والميكا العنبرية المألوفة لدى الكثيرين منا وتسمى « فلوجوبايت » وتحتوى على المغنيسيوم . ثم هناك

« البوتايت » الذى يحتوى على الحديد والمغنيسيوم ولونه أسود أو بنى . ويعتبر المسكوفايت أهم هذه الأنواع من الناحية الاقتصادية وللفلوجوبايت بعض الاستعمالات الهامة . أما البيوتايت فأقل أنواع الميكا استعمالا وفائدة ويستعمل المسكوفايت حينما لا تتجاوز درجة الحرارة ٥٠٠ درجة مئوية ، كما يُستخدم فى المكثفات الكهربائية على هيئة قطاعات رقيقة ملصقة ببعضها بأنواع خاصة من الصمغيات الصناعية مثل « الشيلاك » وذلك لعمل ألواح أو كتل ذات سمك وأشكال معينة .

أما الفلوجوبايت فيعتبر أحسن صلاحية من المسكوفايت من ناحية العزل الكهربى وتحمل درجات حرارة عالية ولذلك يستخدم فى صناعة شموع الاحتراق . ويندر استعمال البيوتايت بالنسبة لوجود شوائب كثيرة محتوية على الحديد فيه . وقد تطحن مخلفات الرقائق من أنواع الميكا الثلاثة وتمزج مع مادة الشيلاك ثم تصب فى قوالب للاستعمال فى العزل الكهربى . كما تدخل فى صناعة البويات لإكسابها اللمعة اللازمة .

ويعتبر تعدين الميكا من العمليات الصعبة نظرا لوجوده على هيئة بللورات صغيرة متناثرة فى صخور الجرانيت والبيجماتيت . إلا أنه فى بعض الحالات تتراوح أقطار بللوراته بعض البوصات

وقد تصل إلى بضعة أقدام . وتوجد أهم خامات المسكوفايت في الهند التي تنتج حوالى ٧٠٪ من الإنتاج العالمي يليها البرازيل والولايات المتحدة وكندا . أما الفلوجوبايت فيرتبط وجوده بالصخور القاعدية النارية المتداخلة في الحجر الجيري المتحول ، وذلك بعكس المسكوفايت الذي يرتبط وجوده بالصخور الحمضية النارية . وأهم الدول المنتجة للفلوجوبايت هي مدغشقر ثم كندا والاتحاد السوفيتي .

ويوجد المسكوفايت بنسبة ضئيلة لاتسمح باستغلاله في بعض صخور البيجماتيت بالصحراء الشرقية بالجمهورية العربية ، بالإضافة إلى صغر بلوراته .

الكبريت

إن ما تستهلكه أي دولة من الكبريت يعتبر دليلا على مدى تقدمها الصناعي ، فهو من أكثر العناصر استعمالا في الصناعات الحديثة وخصوصا الصناعات الكيماوية . إذ يندر وجود طريقة إنتاج صناعي لا يستعمل فيها الكبريت في صورة أو أخرى وعلى الأخص على هيئة حامض الكبريتيك الذي يعتبر العامل الأساسي للصناعات الكيماوية .

ويحصل على حامض الكبريتيك إما من خام كبريتيد الحديد المسمى « بريت » ، أو من الكبريت الطبيعي ، وفى أحيان أخرى من الكبريت المستخلص من غازات الأفران والغازات الصناعية . ويدخل الحامض فى صناعات السماد وتكرير البترول والحديد والصلب ، وصناعة الكيماويات بأنواعها أو فى بعض الأغراض الأخرى مثل الغزل الصناعي والمنسوجات والمفرقعات كما يدخل ثانى أكسيد الكبريت فى صناعة الورق .

أما غبار الكبريت فيستعمل كمادة مطهرة للتعفير لقتل الحشرات والطفيليات والآفات الضارة بالمزروعات وتعتبر صناعة حامض الكبريتيك الإستعمال الاساسى للبريت ويلزم لإنتاج طن منه حوالى طنين من البريت النقى .

ويتكون الكبريت فى الطبيعة عند فوهات البراكين وبالقرب منها ، حيث تنبعث منها الغازات الكبريتية مثل كبريتور الإيدروجين ، وثانى أكسيد الكبريت . فيرسب الكبريت والماء نتيجة لتفاعل هذين الغازين . كما ينتج الكبريت أيضا من أكسدة غاز كبريتور الإيدروجين حيث يرسب فى طفل بحيرات صمم البراكين القديمة . ويكثر وجوده بالقرب من الينابيع الساخنة فى صخور « التوفا » البركانية والجيرية المسامية المجاورة

للينابيع . وتحل المياه الكبريتية الساخنة محل الصخور الجيرية مكونة إما الكبريت النقى أو معادن أخرى حاملة له .

توجد أهم موارد الكبريت فى العالم فى الولايات المتحدة وصقلية فى صخور رسوبية مصاحبة للصخور الجيرية وكبريتات الكالسيوم والمعروفة باسم (الجبس) . كما يوجد منتشرا فوق قباب الملح الصخرى على هيئة رواسب مميكة . وتغطى رواسب الكبريت فى صقلية مساحات شاسعة حيث توجد بين طبقات الحجر الجيرى والجبس والحجر الرملى ويقدر الإنتاج السنوى العالمى خلال السنوات الأخيرة بحوالى ستة ملايين طن تنتج أغلبها الولايات المتحدة وإيطاليا والمكسيك واليابان (حيث توجد البراكين الهامة) وكذلك الاتحاد السوفيتى .

أما « البيريت » فيتكون فى صورته النقية من ٥٤٪ كبريت ، ٤٦٪ حديد وكلمة « بيريت » أصلها يونانى معناها « النار » وذلك لانبعاث الشرر منه عند طرقه بشدة ، وهو يشبه الذهب فى لونه الأصفر . ويعتبر من أكثر المعادن الكبريتورية وجودا فى الطبيعة . ويوجد فى معظم أنواع الصخور على هيئة بللورات صغيرة أو حبيبات إذ يتكون تحت ظروف خاصة من

الحرارة والضغط . وبعضه ينتج من المحاليل المعدنية الساخنة الصاعدة من باطن الأرض إلى سطحها .

وتعتبر أسبانيا أغنى دولة فى العالم فى هذا الخام حيث يوجد أكثر من نصف الرصيد العالمى يليها اليابان والولايات المتحدة وإيطاليا والنرويج والسويد وكندا والاتحاد السوفيتى .

وتعطى كثير من خامات البيرايت منتجات ثانوية قيمة مثل النحاس والذهب الأمر الذى يجعل الخام مربحا من الوجهة التجارية .

ويوجد الكبريت بالجمهورية العربية المتحدة فى صخور جبال الصحراء الشرقية بالقرب من ساحل البحر الأحمر فى عدة مناطق أهمها جمسة جنوب رأس غارب حيث يوجد بنسبة عالية تصل حوالى ٤٠٪ مختلطا بالصخور الرسوبية هناك كما يوجد أيضا بوفرة جنوب مرسى علم وفى وادى الجمال وينتظر العثور على مناطق جديدة أخرى لاستخراجه .

الفوسفور

مركبات الفوسفور من أكثر وأهم المواد اللازمة لنمو الحيوان والنبات . فالحيوان يأكل النباتات فيحصل منها بجانب المواد

الغذائية الأخرى، على الفوسفور اللازم لبناء عظامه، أما النبات فيلزم للحصول عليه امتصاصه من التربة من الأملاح المذابة فى مياهها. ونظراً لوجود الفوسفور فى الطبيعة على هيئة معادن مثل الفوسفات الصخرى أو فوسفات الكالسيوم غير القابلة للذوبان فى مياه التربة فإن النبات لا يستطيع امتصاصه بسهولة ولذلك فلا بد من أن يعالج الكيماوى هذا الفوسفات الطبيعى ليحوله إلى ما يسمى سيوبر فوسفات القابل للذوبان فى الماء ليسهل على النبات امتصاصه والانتفاع به.

وقد عرفت أهمية الفوسفات فى الزراعة منذ أكثر من قرن. وقد ثبت أن الطن من القمح مثلا يستخلص من التربة حوالى ٥٠ رطلا من النيتروجين، ٢٠ رطلا من حامض الفوسفوريك، ١٢ رطلا من البوتاسيوم. وباستمرار الزراعة تتناقص خصوبة التربة ويضعف المحصول، ولذا يلزم تعويض التربة بهذه المواد باستمرار حتى لا تفقد الأرض خصوبتها. ويحصل على السماد الفوسفورى اللازم للنبات إما من الفوسفات الصخرى الطبيعى، أو بها من الجلخ الفوسفورى المسترجع من أفران الصلب، وكذلك من السماد البلدى الذى يحتوى الطن منه على حوالى ٥ أرطال من حامض الفوسفوريك. كما يوجد الفوسفور

فى مجارى المدن ولذا يجب الانتفاع به فى التسميد بدلا من ضياعه هباء .

ويوجد نوعان رئيسيان للفوسفات فى الطبيعة هما .

١ ــ الفوسفات الصخرى مثل الفوسفوريت والأحجار الجيرية الفوسفاتية وطبقات العظام وفضلات الطيور .

٢ ــ معدن «الأباتيت» الذى يعتبر المصدر الأول الرئيسى الفوسفور .

وينتج صخر الفوسفات فى كثير من الأحيان من ذوبان فضلات الطيور البحرية التى تتجمع فترة طويلة فى جزر المحيطات وعلى الشواطىء الصحراوية . ويتسرب حامض الفوسفوريك المذاب من هذه الفضلات إلى القاع ليحول الصخور الجيرية المغطاة بهذه الفضلات إلى صخور فوسفاتية كما يتكون أيضاً من الكائنات البحرية نتيجة تحلل موادها العضوية . وفى هذه الحالة يوجد الفوسفات بين طبقات الصخور الجيرية والصخور الرملية. وأهم مواطنه فى جزر المحيطين المندى والهادى وشيلى.

أما معدن الأباتيت فيوجد فى معظم أنواع الصخور النارية ونادراً فى الصخور الرسوبية والمتحولة وهو يوجد على هيئة عروق أو جيوب مصاحبة للصخور النارية أو على هيئة عدسات

كبيرة مثل الموجودة فى كندا والنرويج والسويد والاتحاد السوفيتى والولايات المتحدة ومراكش والجزائر ، ويبلغ مجموع الإنتاج السنوى من نوعى الفوسفات حوالى ٥٠ مليون طن .

وتوجد خامات الفوسفات فى بلادنا بوفرة فى صخور الصحراء الشرقية على ساحل البحر الأحمر فى عدة مناطق أهمها سفاجة والقصير ، كما توجد فى بعض أجزاء وادى النيل جنوب أسوان حيث مصنع السماد الجديد الذى يستغل الخام الموجود فى هذه المنطقة ، وكذلك فى الواحات الداخلة والخارجة وسيناء . ويبلغ الإنتاج السنوى خلال الأعوام الماضية حوالى ٧٠٠ ألف طن وينتظر أن يصل إلى مليون طن فى السنوات القادمة . ويصنع جزء كبير منه إلى سيوبر فوسفات لمقابلة احتياجاتنا الزراعية ، ويصدر الباقى إلى الخارج .

البوتاسيوم

منذ زمن بعيد استعمل الرماد الناتج من إحراق النباتات كسماد فى الزراعة لتغذية النبات إذ يساعد هذا الرماد المذاب فى التربة على نمو النبات ويفيد فى تكوين أنواع النشاء والسكر التى يحتاج إليها .

وقد أطلق على هذا الرماد اسم « بوتاش». ومن الطريف أن هذا الاسم بوتآت (pot ash) نتج عن استعمال الأوعية الحديدية (pots) فى تبخير المحاليل التى تنتج من غسيل الجير ورماد النبات (Ash) ومنه اشتقت كلمة بوتاش .

ويوجد البوتاش فى الطبيعة على هيئة أملاح متعددة أهمها كبريتات البوتاسيوم وكلوريد البوتاسيوم ويستخدم حوالى ٩٠ ٪ من الإنتاج الكلى لهذا الخام كسماد فى الزراعة ، والباقى يدخل فى الصباغة وصناعة الزجاج والصينى والصابون والمفرقعات. وتحتوى هذه الأملاح على نسب متفاوتة من أكسيد البوتاسيوم السهل الذوبان فى مياه التربة الزراعية وعلى هذا تعتبر نسبة الأكسيد الموجودة فى أملاح البوتاسيوم أهم عامل لتقدير صلاحيتها للاستعمال فى الأغراض الزراعية . وثمة أملاح أخرى منها : برمنجنات البوتاسيوم التى نستخدمها كمادة مطهرة قوية ، أما أيوريد البوتاسيوم فيستعمل فى الطب ويدخل فى صناعة أفلام التصوير الفوتوغرافى .

ويوجد البوتاسيوم فى أغلب الصخور متحداً مع بعض المعادن الأخرى مثل الألمنيوم والسليكون على هيئة سيليكات البوتاسيوم والألمنيوم . وبتحلل هذه المعادن تحت ظروف

خاصة يذوب مابها من بوتاسيوم فى المياه الجارية للأنهار التى تحمله إلى البحار والبحيرات المغلقة ، وبتبخر ماء البحار والبحيرات على مر العصور الجيولوجية فى المناطق الجافة يزداد تركيز الخام ويكون رواسب ملحية ذات قيمة اقتصادية. وأهم المعادن الحاملة للبوتاسيوم فى هذه الرواسب هى : كلوريد البوتاسيوم ، وكلوريد البوتاسيوم والمغنيسيوم ، وكبريتات البوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسيوم . ومن أهم مناطق تكوين هذه الأملاح البحر الميت وسفوح جبال الأورال بالاتحاد السوفيتى وألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية .

وتعتمد صناعة البوتاش اعتماداً أساسياً على كلوريد البوتاسيوم السالف الذكر ، وعلى نترات البوتاسيوم التى تصاحب وجود نترات الصوديوم فى الطبيعة والتى أهم مواطنها شيلى .

أما كبريتات البوتاسيوم فتنتج من تأثير حامض الكبريتيك على الصخور فى المناطق البركانية أو القريبة منها . وثمة مصادر نباتية لهذا الخام مثل الأعشاب البحرية ورماد الأخشاب وسيقان بعض النبات مثل نبات عباد الشمس .

ويبلغ معدل الإنتاج السنوى للخام حوالى ٦ ملايين طن ،

تنتجها وتصنعها الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتى وألمانيا وفرنسا وأسبانيا .

ولا يعرف وجود هذا الخام بالجمهورية العربية المتحدة بالنسبة لظروف تكوينه السالفة الذكر ونستورد للزراعة كل احتياجاتنا من الأمريكتين الشمالية والجنوبية وعلى الأخص شيلى .

المنجنيز

تحتاج صناعة الصلب إلى معدن المنجنيز ، إذ يضاف إلى الحديد خلال عملية الصهر للتخلص من الكبريت الموجود مع بعض خامات الحديد الطبيعية . ولو أنه لا يدخل أغلبه ضمن تركيب الصلب بل يستخدم كعامل مساعد للتنقية فقط ، إلا أنه بهذه الصورة يعتبر من المواد ذات الأهمية الاستراتيجية التى تعتمد عليها صناعة الصلب . كما تضاف سبيكة من المنجنيز والحديد والكربون تعرف باسم « الفرومنجنيز » إلى شحنة فرن الصلب لمنع تكوين أكسيد وكبريتور الحديد الضارين للصلب المنتج . وبجانب هذا أيضاً تضاف كمية ضئيلة من المنجنيز إلى الصلب المنصهر لتزيد من مرونته وصلابته فى نفس الوقت .

وتستعمل أنواع الصلب المحتوية على حوالى ٢٪ من المنجنيز

فى الأعمال الإنشائية وفى قضبان السكك الحديدية . أما الصلب الغنى نسبياً بالمنجنيز حيث تصل نسبته منه إلى حوالى ١٢٪ فإنه يستخدم فى صناعات آلات تكسير الصخور وبعض أجزاء السيارات وبعض مهمات التعدين التى تحتاج إلى قوة شد عالية ومقاومة للخدش والاحتكاك . وثمة استعمال آخر لهذا المعدن فى الصناعات المعدنية وذلك فى السبائك غير الحديدية إذ يضاف للنحاس والألمنيوم لصناعة برونز المنجنيز وغيره . ويقدر استخدام المنجنيز فى الصناعة المعدنية وحدها بحوالى ٩٥٪ من إنتاجه العالمى. والباقى يستعمل فى بعض الصناعات الكيميائية الهامة لإنتاج ثانى أكسيد المنجنيز المستخدم فى البطاريات الجافة وفى أنواع الورنيش والبويات والحبر . وكذلك يدخل فى صناعة برمنجنات البوتاسيوم والصوديوم التى تستعمل كمواد مطهرة .

يوجد خام المنجنيز فى الطبيعة على هيئة أكاسيد أو كربونات أو سليكات نتيجة لتأثير العوامل الجوية وعوامل التعرية التى تسبب تحلل معادن المنجنيز الأولية التى تنتشر بنسب متفاوتة فى كثير من الصخور النارية والمتحولة . ثم تتركز مخلفات التحلل الغنية بأكاسيد المنجنيز على هيئة طبقات أو عقد فى الصخور الطفلية. ومن أمثلة هذا النوع ما يوجد فى الهند والبرازيل وغانا.

وقد يترسب المنجنيز من محاليله فى قاع البحار والبحيرات على هيئة طبقات أو عدسات أو كتل مبعثرة ، ويحدث مثل هذا الترسيب بفعل الطحالب والبكتريا الموجودة فى مياه البحار . وعندما ترفع هذه الطبقات فوق سطح الماء نتيجة لحركات القشرة الأرضية تزداد نسبة تركيز الخام وذلك بواسطة عمليات ميكانيكية أو بواسطة ذوبان المنجنيز ثم إعادة ترسيبه .

ويقف الاتحاد السوفيتى على رأس قائمة الدول المنتجة للمنجنيز يليها الهند وغانا وجنوب إفريقية ومراكش واليابان والجمهورية العربية المتحدة ويبلغ الإنتاج السنوى العالمى للخام ٣ ملايين طن والملاحظ أن إنتاج المنجنيز العالمى يتمشى دائماً مع إنتاج الصلب الذى لا غنى له عنه .

ويوجد المنجنيز عندنا بشبه جزيرة سينا وهو على نوعين أحدهما صالح للاستخدام فى الصناعات المعدنية والآخر يستخدم فى الصناعات الكيميائية . وبعضه موجود أيضاً فى الصحراء الشرقية بالقرب من ساحل البحر الأحمر عند الغردقة وفى أقصى جنوب الصحراء الشرقية . ويبلغ الإنتاج السنوى له حوالى ٢٥٠ ألف طن مما يجعل الجمهورية العربية المتحدة فى عداد الدول المنتجة للمنجنيز .

القصدير

كان القصدير من أول المعادن التى استخدمها الإنسان إذ حصل عليه قبل أن يتمكن من صهر الحديد بمدة طويلة. هذا بالنسبة إلى سهولة اختزال خام القصدير المكون من أكسيد القصدير بواسطة التسخين مع الفحم الخشبي فى أفران بدائية بسيطة من الحجر والطفل. ونظراً لارتباط وجود القصدير مع النحاس فى بعض أماكن تعدينه فقد وجد فى الأزمنة القديمة عند صهر هذين المعدنين مع بعضهما أن السبيكة الناتجة أصلب من كل من القصدير والنحاس وكلاهما من الفلزات الرخوة وبذلك ظلت هذه السبيكة أصلح من كل الفلزين فى صنع الأدوات المختلفة، وهكذا تم عن طريق الصدفة اكتشاف البرونز الذى سمى العصر باسمه والذى سبق العصر الحديدى.

وقد زاد إنتاج القصدير زيادة كبيرة منذ بداية القرن الحالى بالنسبة للزيادة الكبيرة فى استعمال علب القصدير فى حفظ الفواكه واللحوم والأسماك والبترول وغيرها. ويعزى استخداماته هذه إلى عدم قابليته للصدأ مما يتلف ما يحتويه من مأكولات، والحقيقة التى يجب معرفتها أن العلب المستخدمة فى حفظ المأكولات

وما أشبه لا تحتوى من القصدير إلا على جزء صغير جدا يبلغ ٥ر١ ٪ من وزن العلبة والباقى من الصلب المغطى بطبقة رقيقة جدا من القصدير . وتصنع هذه العلب من ألواح رقيقة من الصلب تغمس ، بعد معالجتها حراريا بعد تنظيفها بحامض كبريتيك فى حوض من القصدير المنصهر . وفى أحيان أخرى تطلى ألواح الصلب بواسطة رش القصدير عليها أو بترسيبه كهربيا على الصلب كما يصنع ورق التغليف « المفضض » المستعمل فى الشيكولاتة وعلب السجاير من صفائح رقيقة من الرصاص مغطاة بقشرة خفيفة جداً من القصدير .

ويستهلك حوالى ٤٠٪ من القصدير فى صنع السبائك المختلفة مثل البرونز الذى يحتوى على ٨٨ ٪ من النحاس ، و١٠٪ قصدير و ٢٪ زنك ، أما المعدن المستعمل فى صنع أدوات الأكل فيتركب من سبيكة من الأنتيمون والقصدير .

كما يستهلك حوالى ٢٠٪ فى اللحامات الداخل فيها الرصاص مع القصدير والتى تستخدم فى بعض المهمات الكهربائية .

ويحصل على معظم إنتاج القصدير من خام واحد فقط هو أكسيد القصدير الذى ينشأ من المصهورات البركانية الجرانيتية حيث تكون عروقا مختلطة بعروق الكوارتز والبيجماتيت

كما يوجد الأكسيد أيضاً فى رواسب بعض الوديان الناتجة من تأثير عوامل التعرية على الصحراء المحتوية عليه ، ومن الطريف أن مراكز تعدين القصدير الرئيسية فى العالم تتشابه فى عمرها الجيولوجى وفى طريقة تكوينها وتعتبر الملايو من أهم وأكبر مراكز تعدين القصدير مع جزر الهند الشرقية ، ثم بوليفيا والصين ونيجيريا والكونجو ويبلغ متوسط إنتاجه السنوى فى العالم حوالى ٢ مليون طن .

ويوجد أكسيد القصدير فى الجمهورية العربية فى مناطق قليلة بالصحراء الشرقية بكميات ضئيلة فى عروق الكوارتز وبعض طبقات الطفلة ويستخرج من منطقة جبل الإجلى والمريلحة.

الملح الصخرى والملح العادى

يحتاج الإنسان إلى حوالى ٥ كيلو جرامات من الملح العادى المسمى كلوريد الصوديوم كل عام تدخل فى المواد الغذائية الذى يتناولها . كما أن الحيوانات تحتاج أيضاً إلى هذا الملح كجزء هام لحياتها . وكلنا نعلم أن الملح يدخل أيضاً فى حفظ الأطعمة . لكن كل هذا رغم أهميته ليس إلا سوى كمية صغيرة بالنسبة لما تستهلكه الصناعات الكيميائية التى تعتبر أكبر مستعمل للملح .

إذ يدخل فى تحضير قائمة طويلة جداً من الكيماويات . فكربونات الصودا ، والصودا الكاوية تستنفد حوالى ٣٠ ٪ من جملة إنتاج الملح لاستعمالها فى صناعات الزجاج والصابون ومركبات الصوديوم المختلفة . كما تستعمل كميات كبيرة أخرى فى صناعة كبريتات الصوديوم لصناعة اللباب والورق . ويستخدم الكلور المحضر من الملح فى عمليات تبييض ألوان الورق والمنسوجات وفى تطهير المياه وصناعة حامض الأيدروكلوريد . ومن ناحية أخرى تستهلك صناعات الفخار والخزف ومواد التبريد كميات ضخمة أخرى من الملح . أما الملح الصخرى فيستعمل بصورته الطبيعية فى دباغة الجلود وفى الأسمدة . ويستخرج فلز الصوديوم من الملح الذى يتكون من حوالى ٦٠ ٪ كلور ، ٤٠ ٪ صوديوم . والملح غير موصل للكهرباء وموصل ردىء للحرارة ولذلك يستعمل على هيئة كتل وعدسات فى التجارب الخاصة بالحرارة الإشعاعية .

يوجد الملح فى الطبيعة على هيئة الملح الصخرى وقد يحتوى على بعض الشوائب مثل كبريتات وكلوريد الكالسيوم والمغنيسيوم . ويوجد الملح فى محاليل طبيعية أو فى صورة صلبة ويستخلص الملح فى بعض الدول الدافئة من ماء البحر بالتبخير

المباشر بواسطة حرارة الشمس فى ملاحات ضحلة وتقوم الطبيعية بنفس العملية على نطاق واسع فى البحر الميت وبحيرة الملح الكبرى بالولايات المتحدة حيث يساعد الجفاف والحرارة على تكون الملح فى هذه البحار المغلقة . ويتراوح سمك الملح الصخرى بين قليل من الأمتار حتى يصل فى بعض الأحيان إلى نحو مائة متر أو أكثر . وقد تكونت بعض الرواسب الملحية فى العصور القديمة فى بعض البلاد مثل إنجلترا وألمانيا عندما سادت الظروف الجوية الجافة مما نتج عنه ترسيب الملح الصخرى مع غيره من الأملاح الذائبة فى مياه البحر عند تبخيرها . وعند الترسيب تهبط إلى القاع أقل المواد قابلية للذوبان فى الماء وهى بحسب ترتيب ترسيبها : كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم ، ثم كبريتات الكالسيوم والمغنيسيوم ثم الملح الصخرى يليه أملاح البوتاش والمغنيسيوم وتتأثر طبقات الملح الصخرى عند تعرضها لضغط القشرة الأرضية خلال تقلصاتها فى العصور المختلفة فتندفع إلى أعلى بطريقة مماثلة لاندفاع الصخور النارية خلال ما فوقها من طبقات وتكون بذلك قباب الملح الصخرى Salt Domes مثل الموجودة بكثرة بولاية تكساس بالولايات المتحدة

ويبلغ متوسط الإنتاج السنوى العالمى من الملح حوالى ٤٠ مليون طن تتصدر الولايات المتحدة الدول المنتجة له ، يليها الإتحاد السوفيتى . إنجلترا ، فرنسا ، الهند ، الصين ، ألمانيا وإيطاليا .

وتنتج الجمهورية العربية المتحدة كميات كبيرة من الملح تستخرجه من ملاحات اسكندرية ورشيد وبور سعيد ويبلغ الإنتاج السنوى له حوالى نصف مليون طن يصدر جزء كبير منه للخارج .

الأسبستوس (الحرير الصخرى)

عرف الأسبستوس منذ زمن طويل بفضل خاصية مقاومته للحرارة وطول تيلته التى استرعت الأنظار لدى القدماء الذين استخدموه كفتيل للمصابيح بالنسبة لعدم قابليته للاحتراق ، كما كان لديهم قماش الأسبستوس بعد تفكيك أليافه وغزلها ثم نسجها إلى أقمشة .

وثمة خواص طبيعة لهذه المادة تميزه تميزاً ملحوظاً وتجعل قيمته الصناعية كبيرة إذ بجانب عدم قابليته للاحتراق فإنه لاينصهر ، وأليافه متينة ومرنة فى نفس الوقت ، كما أنه ردىء

التوصيل للحرارة وشديد المقاومة للكهرباء وغير قابل للتفاعل الكيماوى وبالتالى لا يتغير إذا عرض للجو مدة طويلة . وتتفاوت هذه الخواص فى أنواع الأسبستوس المختلفة ، وبالتالى لكل نوع من هذه الأنواع استعمال يلائم الخاصية الغالبة فيه .

فلخاصية عدم انصهار ألياف الأسبستوس فوائد كثيرة فى إنتاج المواد غير القابلة للاحتراق مثل حصائر التسقيف والألواح المضغوطة والمسطحة . وتصلح أنواع الأسبستوس قصير التيلة لهذه الأغراض . أما الألياف الطويلة (التى يتجاوز طولها بوصة) فإنها تغزل وتنسج لاستعمالها فى معاطف وملابس رجال المطافىء وكذلك فى صنع الستائر الواقية من الحريق . ويستعمل الأسبستوس أيضاً فى تيل الفرامل بعد تقويته بأسلاك من الصلب ، أما خاصية مقاومة الأسبستوس لمرور التيار الكهربائى فتستغل فى استخدامه كمادة عازلة للكابلات والأسلاك ولوحات التوزيع . ونظراً لعدم تأثر بعض أنواع الأسبستوس كيميائياً فإنها تستعمل فى ترشيح الأحماض وهى على هيئة صحائف رقيقة . كما تستهلك نسبة كبيرة منه فى صناعة أسمنت الأسبستوس مثل بلاط وألواح الأسقف ،

ثم استحدثت صناعة الأسبستوس المقوى بالزجاج والأسبستوس المقوى بالبلاستيك .

وتتكون حولى ٩٠٪ من الإنتاج العالمى لهذا الخام من السليكات المائية للمغنيسوم ذات الألياف المتوسطة الطول ، وتمتاز بقابليتها للتفكيك إلى ألياف رفيعة شعرية ذات لمعة مثل الحرير وقوة شديدة ويُعزى أصل بعض أنواعه نتيجة تسرب مياه مارة خلال صخور السربنتين النارية قبل أن تتجمد المصهورات البركانية ، كما يعتقد البعض أنه يتكون من تأثير محاليل ساخنة لها علاقة بالصخور الجرنيتية كالجرانيت على السربنتين المتجمد . وهناك نوع آخر يتكون من كتل من الألياف ذات لون رمادى مشوب بالخضرة لكن ألياف هذا النوع هشة ولا تتحمل الشد ولذا تستخدم فى الأسمنت والعجائن والبويات وكمادة عازلة . وثمة نوع آخر يمتاز بطول أليافه تصل بعض الأحيان إلى ٣٠ سم وهو غنى بالحديد المحتوى عليه . ويغلب وجودها فى الصخور المتحولة مثل مشيست الميكا التلك . أما النوع النقى الأبيض من هذا الخام فيمتاز بطول أليافه ومقاومته للتفاعلات الكيميائية ولذا يستعمل كمرشحات للأحماض ويحصل على أغلب أنواع الأسبستوس من كندا

وجبال الأورال بالاتحاد السوفيتى ، وكذلك من روديسيا الجنوبية وجنوب إفريقية وإيطاليا والولايات المتحدة . ويبلغ المتوسط السنوى للإنتاج العالمى حوالى ٢ مليون طن مترى .

ويوجد الخام بالصحراء الشرقية بالجمهورية العربية بكميات صغيرة الآن ، وينتظر زيادة استغلالها فى المستقبل نظراً لأهميته الصناعية الكبيرة .

الكـــروم

من الفوائد التى تتبادر إلى أذهاننا بخصوص هذا المعدن هو استخدامه فى طلاء السيارات وبعض الأدوات المنزلية . ولكن ثمة فوائد أهم من ذلك هو استعماله فى إنتاج السبائك المختلفة التى منها صلب الكروم ، وكذلك فى صناعة الحراريات والأغراض الكيميائية . إذ يستخدم حوالى ٤٥٪ منه للسبائك ، ٤٠٪ للحراريات ، ١٥٪ للكيماويات ومنها الطلاء ، بعد أن أصبح العصر الذى نعيش فيه يعتمد على السبائك أكثر من اعتماده على المعادن بصورتها الأصلية .

فمعدن الكروم إذا أضيف بنسب صغيرة سواء وحده أو مع غيره من المعادن الأخرى إلى الصلب فإنه يكسبه صلابة ومرونة

ومقاومة للتآكل ومقاومة كهربائية عالية . وهذه تستعمل الآن في صناعات هياكل السيارات وبعض أجزائها الأخرى وكذلك في صنع عربات السكك الحديدية والكبارى والمدرعات . أما « صلب الكروم » المحتوى على ١٨ ٪ كروم مع نيكل بنسبة ٨ ٪ فيمتاز بقوته وخفته معا مما يجعله مناسبا لصناعة الطائرات والأجزاء العليا من السفن .

وفى صناعة الحراريات يضاف خام الكروم إلى القوالب والأسمنت والمصيص الداخلة فى إنشاء الأفران وفى صناعة الكيماويات يدخل الكروم فى الصباغة والدباغة وألوان البويات ، كما تستخدم أملاح الكروم فى التصوير الفوتوغرافى وفى إزالة ألوان الزيت وفى صناعة أعواد الثقاب . والأكسيد المطحون مادة جيدة للتلميع .

ويعتبر معدن « الكرومايت » هو الخام الرئيسى لمعدن الكروم ويتركب من أكاسيد الحديد والكروم معا وقد توجد به شوائب مختلطة به بنسب مختلفة باختلاف أماكن تعدينه . ويختلف لون الخام من البنى إلى الأسود ويوجد فى الطبيعة على هيئة كتل مسطحة أو عدسية أو عروق فى الصخور النارية مثل السربنتين أو فى بعض الأحيان يوجد بالصخور الملاصقة

لهذه الصخور . ومعظم الخام يتكون نتيجة انفصاله من المصهورات البركانية بعد تبلورها فى المراحل الأولى لتجمد المصهورات . كما يتكون بعضها بفعل المحاليل الحرارية على الصخور . ونظرا لأن الخام مقاوم للعوامل الجوية فإن كميات كبيرة تتجمع منه بعد أن تتكفل عوامل التعرية الطبيعية بالتخلص من بقية المعادن المصاحبة له والموجودة فى الصخور المحتوية عليه . وبذلك يتزايد تركيزه طبيعيا .

وقد ازداد إنتاج خام الكرومايت زيادة كبيرة خلال السنوات الأخيرة إلى حوالى ١,٥ مليون طن سنوياً بالنسبة لزيادة الطلب عليه فى استخدامه بنسب مختلفة لصنع السبائك .

ويقف الاتحاد السوفيتى على رأس الدول المنتجة له يليها تركيا وردويسيا والفلبين . والملاحظ أن الدول المنتجة للصلب لا تنتج حاجاتها من الكروم اللازم لها لصناعة الصلب فمثلا الولايات المتحدة لا تنتج من خام الكروم سوى كمية ضئيلة تقدر بحوالى ١٪ من كمية الكروم التى تستهلكها وبذلك تعتمد على استيرادها .

يوجد خام الكرومايت بالجمهورية العربية على هيئة عدسات فى صخور السربنتين المنتشرة بجبال الصحراء الشرقية ويختلف

سمك هذه العدسات من ٢٠ سم إلى حوالى ١٥٠ سم أما أطوالها فتتراوح ما بين نصف متر وأربعين متراً. وأهم مناطق استخراجه منطقتا البرامية ورأس السلاتيت حيث تنتشر هذه العدسات فى خطوط مستقيمة ومتوازية. ويُعزى تكوينها فى بلادنا إلى أصل نارى مثل صخور السربنتين والپازلت بدليل تضاؤل نسبة الكرومايت فى هذه العدسات. كلما بعدت عن مركز التكوينات البركانية المكونة لصخور القشرة الأرضية فى تلك المناطق.

اليورانيوم

زاد الاهتمام فى عصرنا الحديث بهذا المعدن الثمين لما تبين من الحصول منه على طاقة هائلة تعادل ملايين المرات قدر الطاقة المتولدة من المصادر الأخرى كالفحم أو البترول. وهذه الطاقة تنشأ من انشطار ذرات اليورانيوم. ويقدر أن تعريض أوقية واحدة من اليورانيوم للانشطار الذرى يعطى من الطاقة الذرية ما يعادل فى كميتها الطاقة الناجمة من احتراق طن بأكمله من الفحم.

وباكتشاف هذه الطاقة الكبيرة انتقلنا من عصر الكهرباء إلى ماسمى بالعصر الذرى الذى يرجى الخير الكثير منه على أيدى

العلماء الذين يبذلون كل جهد فى ترويض هذه الطاقة والتحكم فيها لاستخدامها فى الأغراض السلمية : سواء لتسيير السفن ، وقد نجحت المحاولات فى هذا فى كل من الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتى ، أو للاستخدام فى المصانع أو الاستعمال اليومى للإنسان فى المنازل وفى حياته العامة ، هذا بدلا من استخدام قوتها التدميرية الهائلة فى صناعة القنابل الذرية والنووية فى الحروب ، والتى تؤدى لو استعملت فى أى حرب مستقبلة إلى فناء البشرية وانهيار صرح مدنيتنا الحديثة ورجوع ما قد يتبقى من بنى الإنسان إلى عصر الكهوف البدائية الأولى .

وحتى مطلع القرن الحالى استغلت معادن اليورانيوم لاستخلاص ما تحويه من مادة الراديوم فقط للاستخدام فى الأغراض الطبية والعلاج بالنسبة لخواصها الإشعاعية التى سبق الإشارة إليها من قبل . حينئذ لم تكن تعرف تلك الطاقة الذرية الكبيرة وبالتالى كان الاهتمام الأول هو استخلاص مادة الراديوم فقط . وكان يلزم حوالى ٤٠٠ طن من خامات اليورانيوم لاستخلاص نحو ١٠٠ جرام فقط من معدن الراديوم أما المتبقى من فضلات الخام فكان يترك سدى .

ثم أدى اكتشاف انشطار ذرات اليورانيوم عام ١٩٣٩ ،

وانطلاق الطاقة الذرية منها ، إلى صنع القنبلة الذرية خلال الحرب العالمية الأخيرة . ومن ثم زاد الاهتمام للحصول على أكبر كمية من هذا الخام ومن فضلاته لاستنزاف كل ما يمكن من الطاقة منه . كما أن اليورانيوم حل محل الراديوم بالنسبة لما عرف من الخواص الإشعاعية للمواد الناتجة من الانشطار الذرى والتى تجعل استعمالها ميسوراً بدلا من الراديوم النادر الحصول عليه . هذه المواد وغيرها والتى تسمى بالنظائر المشعة أصبحت الآن تستخدم على نطـاق واسع فى العلاج الطبي وفى الزراعة بل فى الصناعة أيضاً .

وليس اليورانيوم هو المعدن الوحيد الذى له كل هذه الخواص والمميزات ، بل هو ضمن مجموعة من العناصر — وإن كان أهمها — منها الثوريوم ، والپلوتونيوم ، والزركنيوم تعرف باسم المواد المشعة ، بالنسبة لما اكتشف عنها من إطلاقها تلقائياً لإشعاعات من داخل نواتها أثناء تحللها الطبيعى . ينتج من هذا التحلل أو على الأصح التحول مجموعة أخرى من العناصر تتضمن الهيليوم والراديوم والأكستينيوم وينتهى بمعدن الرصاص غير المشع .

وتحدث هذه الظاهرة فى الطبيعة منذ ملايين السنين ، قبل

نشأة الإنسان على الأرض ، وفيها تحققت أحلام الكيميائيين القدامى ، دون أن يدروا ، من إمكان تحويل عنصر إلى آخر .

وقد أجريت البحوث العلمية العديدة على هذه الإشعاعات والتحولات وأمكن معرفة ما يسمى بزمن الحياة الذرى (Life time) لكل عنصر من هذه العناصر قبل تحوله إلى عنصر آخر ووجد أن بعضه لا يتجاوز عمره الذرى جزءاً من الثانية فى حين يطول فى البعض الآخر إلى آلاف السنين .

وقد أمكن من معرفة هذا تقدير عمر كوكبنا الأرض بحوالى ٤٠٠٠ مليون سنة ، وذلك بتقدير نسبة العنصر الذرى إلى نسبة وزن الرصاص المتحول إليه اليورانيوم مع معرفة الزمن الذرى له.

لليورانيوم ثلاثة أوزان ذرية – أو مايسمى بثلاثة نظائر – ناتجة من اختلاف فى تركيب أنويتها ، وهذه الأوزان الذرية هى ٢٣٤ ، ٢٣٥ ، ٢٣٨ . والأخير أكثرها وفرة فى الطبيعة ويوجد النوعان الأولان بنسبة $\frac{١}{١٤٠}$ من الخام الموجود فى الطبيعة واليورانيوم المستخدم فى عمليات الانشطار الذرى ، لاستخراج الطاقة الذرية منه ، هو ذو الوزن الذرى ٢٣٥ الذى يجب فصله من الخام الأصلى قبل استخدامه فى المفاعلات والأفران الذرية .

كما وجد أيضاً أنه عندما يتجمع اليورانيوم ٢٣٥ مع الماء

الثقيل (أحد نظائر المـاء العادى) تبدأ سلسلة من التفاعلات الذرية المستمرة وتنطلق من الانشطار المتسلسل لذراتها كميات ضخمة من الطاقة فى صورة غير متفجرة يمكن التحكم فيها .

وتحتوى بعض المعادن فى الطبيعة على اليورانيوم ولـكن بنسب قليلة جداً لا تـكفى للاستغلال بفصل المعدن وتنقيته ، لـكن أهم خام لليورانيوم هو البتشبلند Beachblend ولونه أسود يشبه المخمل وذو لمعة ظاهرة. ويوجد البتشبلند فى صخور الجرانيت والبازلت النارية وفى بعض العروق المحتوية على خامات القصدير والنحاس والرصاص حيث يترسب اليورانيوم من المحاليل المعدنية الساخنة .

ونظراً لخواصه الإشعاعية فإنه يكشف عن أماكن وجوده بواسطة الـكشف عن إشعاعاته التى تنطلق منه وأهمها أشعة جاما التى لها قوة نفاذ كبيرة بحيث يمكن قياسها من على بعد كبير .

وأجهزة الـكشف الجيوفيزيقى عن هذه الإشعاعات متعددة منها جهاز عداد جيجر (geiger counter) وجهاز السنتيللومتر (Seintillometer) المستخدم فى الـكشف الجوى بالطائرات فوق المساحات الـكبيرة .

وتوجد أهم خامات اليورانيوم فى العالم فى الـكونجو حيث تـكونت مع خامات النحاس المشهورة هناك من محاليل المصهورات

البركانية على هيئة عروق أو فى الكسور القاطعة للصخور النارية . وتحتوى هذه الخامات على أكبر نسبة من أكسيد اليورانيوم إذ تبلغ ٤٠٪ . كما يوجد الخام فى كندا والولايات المتحدة الأمريكية وتشيكوسلوفاكيا .

وقد أثبت المسح والتنقيب الجيوفيزيقى فى أنحاء الجمهورية العربية المتحدة وجود هذا الخام فى بعض مناطق الفيوم والصحراء الشرقية والواحات والدلتا . ولدى الجمهورية عدة بعثات حقلية تجوب أنحاء البلاد للتنقيب عن أماكن وجوده كما أن لدينا وحدتين كاملتين للمسح الجوى لهذا الغرض .

المونازيت

يتركب من فوسفات السيريوم . ويستخدم السيريوم فى صناعة أقطاب مصابيح القوس الكهربائى وفى الأنوار الكاشفة.

والسبائك المحتوية على ٧٠٪ من السيريوم و ٣٠٪ حديد تستعمل فى صناعة حجر القداحات أما أملاح السيريوم فلها استعمالات محدودة فى الطب وصناعات الخزف والدباغة والصباغة وفى صناعة زجاج العدسات .

ويعتبر المونازيت المصدر الرئيسى لبعض العناصر الأرضية النادرة ، وكذلك لعنصر الميزوتوريوم المشع الذى يستخدم

كبديل الراديوم بالرغم من وجوده مختلطاً مع المونازيت بنسبة ضئيلة جداً .

ويوجد المونازيت كمعدن أولى فى صخور الجرانيت والبيجمانيت بنسبة بسيطة لاتسمح باستخلاصه وتعدينه اقتصاديا. لكن عوامل التعرية الطبيعية من أمطار ورياح تفتت صخور الجرانيت ، ويحمل المونازيت مع معدنى الفلسبار والكوارتز — الداخلية فى تركيب الجرانيت — حيث يترسب على شواطىء بعض البحار بالنسبة لكبر وزنه النوعى .

ويعتبر الشاطىء الجنوبى الغربى للهند من أهم مصادر إنتاج المونازيت فى العالم حيث تبلغ شدة التركيز حوالي ٣٠٪ من رمال الشاطىء . ويلى الهند فى الإنتاج ، البرازيل وجزر الهند الشرقية وشرق استراليا . كما يوجد فى نيجيريا و نياسلاند والملايو والنرويج.

وفى الجمهورية العربية يوجد المونازيت بكميات كبيرة مختلطا مع الماجنتيت والإلمنيت (أكاسيد حديد) فى الرمال السوداء الموجودة على ساحل البحر الأحمر المتوسط فى عدة مناطق أهمها رشيد ودمياط ، حيث يفصل ويركز المعدن من الرمال بعدة طرق منهـا فصله مغناطيسيا أو كهرومغناطيسيا لعزله من معدنى الماجنتيت والإلمنيت .



مطابع دار القلم بالقاهرة